VŨ THANH KHIẾT - VŨ QUANG
PHAN TUẤN KHANH - TÔ GIANG

ÔN LÍ THUYẾT

THI ĐẠI HỌC

VẬT LÍ

TẬP HAI

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

VŨ THANH KHIẾT - VŨ QUANG - TÔ GIANG

ÔN LÍ THUYẾT
THI ĐẠI HỌC
VẬT LÍ

TẬP HAI

(Tái bản có sửa chữa và bổ sung)

SỰ PHẢN XẠ VÀ SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG
MẮT VÀ CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC
TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG
LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG
VẬT LÍ HẠT NHÂN

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI - 2000

SỰ PHẢN XẠ VÀ SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

Bài 1

SỰ TRUYỀN ÁNH SÁNG, SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG, GƯƠNG PHẲNG

I- SỰ TRUYỀN ÁNH SÁNG

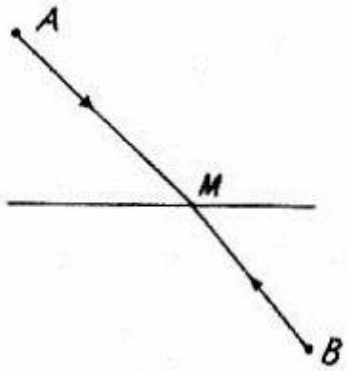
1. Định luật truyền thẳng của ánh sáng

Trong một môi trường trong suốt và đồng tính, ánh sáng truyền theo đường thẳng.

Định luật này được vận dụng để giải thích các hiện tượng : Sự xuất hiện vùng bóng đen và vùng nửa tối, nhật thực, nguyệt thực và ứng dụng để ngắm đường thẳng trên mặt đất bằng các cọc tiêu...

2. Nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng

Nếu AB là một đường truyền ánh sáng (một tia sáng) thì trên đường đó có thể cho ánh sáng đi từ A đến B hoặc từ B đến A (H.5.1).



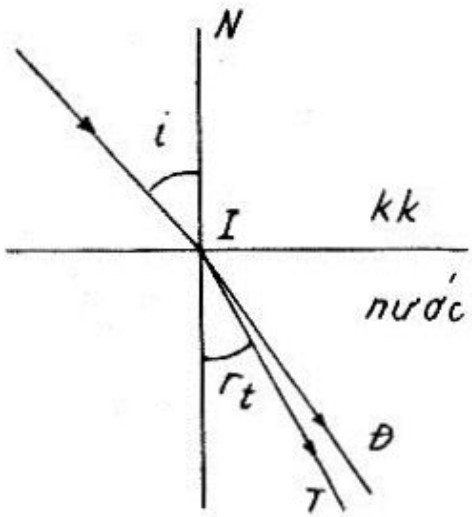
Hình 5. 1

Giả sử chiếu một tia sáng trắng từ không khí vào nước dưới góc tới i. Vì tia tím bị lệch nhiều hơn tia đỏ nên ta có :

$r_t < r_d < i$ (H.5.2)

Bây giờ ta chiếu tia sáng trắng từ nước ra ngoài không khí được góc tới bằng r_t. Theo nguyên lí về tính thuận nghịch của

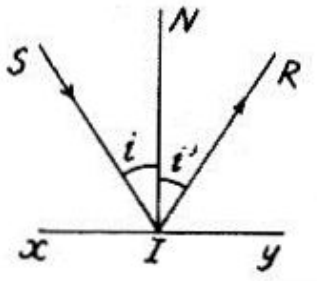
chiếu truyền ánh sáng thì góc khúc xạ của tia tím bằng $i_t = i$. Đối với tia đỏ, vì góc tới giảm nên góc khúc xạ cũng giảm $i_d < i$. Suy ra $i_d < i_t$. Như vậy, tia tím vẫn bị lệch nhiều hơn tia đỏ.



Hình 5.2

II. SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG

1. Hiện tượng phản xạ ánh sáng. Hiện tượng tia sáng bị đổi hướng, trở lại môi trường cũ khi gặp một bề mặt nhẵn gọi là hiện tượng phản xạ ánh sáng.



Hình 5.3

Trên hình 5.3, đường xy biểu diễn mặt phản xạ, SI biểu diễn tia tới, IR biểu diễn tia phản xạ, I là điểm tới.

Đường IN vuông góc với mặt phản xạ gọi là pháp tuyến với mặt phản xạ tại I.

Mặt phẳng tạo bởi tia tới SI và pháp tuyến IN gọi là mặt phẳng tới. Góc $\widehat{SIN}$ gọi là góc tới (i), góc $\widehat{NIR}$ gọi là góc phản xạ (i')

2. Định luật phản xạ ánh sáng

a) Tia phản xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở phía bên kia pháp tuyến so với tia tới.

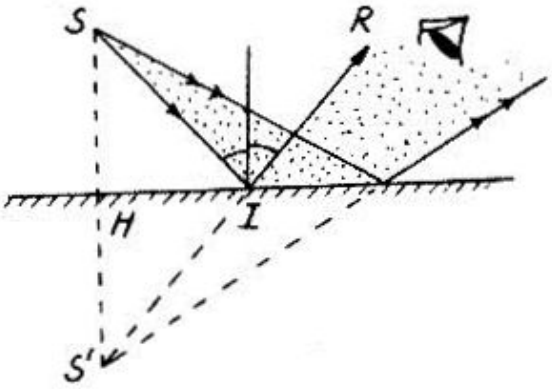
b) Góc phản xạ bằng góc tới (i' = i).

III - GƯƠNG PHẲNG

1. Định nghĩa : Gương phẳng là phần mặt phẳng (nhẵn) phản xạ được hầu như hoàn toàn ánh sáng chiếu vào nó.

2. Những đặc điểm của ảnh tạo bởi gương phẳng

a) Trường hợp vật là một điểm sáng : Điểm sáng S phát ra một chùm tia phân kì chiếu vào gương. Ta hãy xét một tia tới SI bất kì có góc tới là i. Tia phản xạ IR nằm trong mặt phẳng tới và góc phản xạ là i' (H.5.4).



Hình 5.4

Hạ đường vuông góc với gương SH và kéo dài tia phản xạ cho cắt đường này tại điểm S'. Vì i' = i nên $\alpha' = \alpha$. Hai tam giác vuông SIH và S'IH bằng nhau. S' đối xứng với S qua mặt gương. Vì tia SI là tia tới bất kì trong chùm tia tới nên ta suy ra chùm tia phản xạ là chùm tia phân kì, đường kéo dài của các tia này đồng quy tại điểm S'. Khi nhìn vào gương ta Thấy S'. S' gọi là ảnh của S qua gương.

Vậy, ảnh S' nằm đối xứng với vật S qua mặt gương.

Tuy nhiên, ta không thể hứng được ảnh S' trên màn ảnh. Vì vậy ảnh S' là ảnh sảo.

b) Trường hợp vật có kích thước nhất định : Ảnh của vật cũng có hai đặc điểm đã nêu ở trên. Ngoài ra, nó còn có kích thước bằng vật, nhưng nói chung không thể chồng khít ảnh với được.

Bài 2

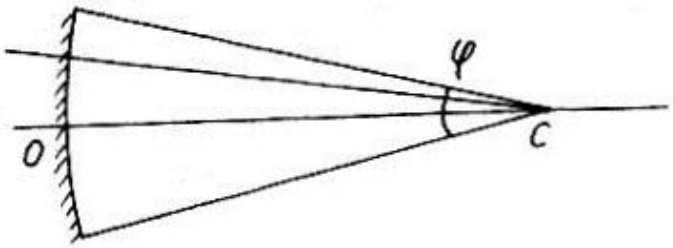
GƯƠNG CẦU

I - CÁC ĐỊNH NGHĨA

1. Gương cầu là một phần của mặt cầu (thường có dạng là một chỏm cầu) phản xạ được ánh sáng. Có hai loại gương cầu : gương cầu lõm và gương cầu lồi (H.5.5).

2. Tâm của mặt cầu gọi là *tâm gương* (C). Đỉnh của chỏm cầu gọi là *đỉnh gương* (O).

3. Đường thẳng nối tâm và đỉnh gương gọi là *trục chính* của gương. Các đường thẳng khác qua tâm gọi là *trục phụ*.



Hình 5.5

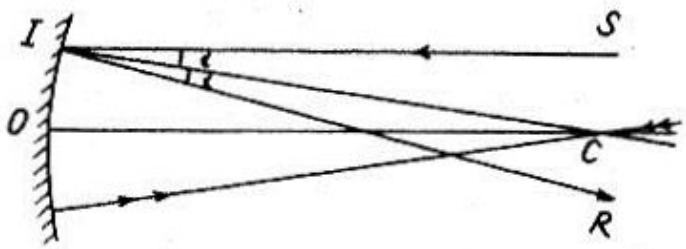
4. Bất kì mặt phẳng nào chứa trục chính cũng là một tiết diện thẳng của gương.

5. Góc φ tạo bởi hai trục phụ qua mép gương và nằm trong cùng một tiết diện thẳng gọi là *góc mở* của gương.

Ta chỉ xét đường đi của các tia sáng nằm trong các tiết diện thẳng.

II - CÁCH VẼ TIA PHẢN XẠ CỦA MỘT TIA SÁNG TỚI GƯƠNG CẦU

a) Chiếu một tia sáng SI tới gặp mặt gương tại điểm I. Muốn vẽ tia phản xạ, ta coi một mẩu nhỏ gương cầu quanh điểm tới I như một mẩu gương phẳng có pháp tuyến là bán kính của mặt cầu qua điểm I. Biết tia tới SI và tâm C của gương cầu, ta vẽ được tia phản xạ. Tia này nằm trong mặt phẳng tạo bởi tia SI và điểm C và nằm đối xứng với tia SI qua đường IC (H.5.6).



Hình 5.6

b) Các trường hợp đặc biệt

Nếu phương của tia tới đi qua tâm gương, thì khi gặp gương, tia sáng sẽ bị phản xạ ngược trở lại theo đường cũ.

Nếu phương của tia tới đi qua đỉnh gương, thì tia phản xạ sẽ nằm đối xứng với tia tới qua trục chính.

III - ĐIỀU KIỆN TƯƠNG ĐIỂM

Muốn có ảnh cho bởi gương cầu rõ nét thì những điều kiện sau đây (gọi là *điều kiện tương điểm*) phải được thỏa mãn :

1) Góc mở φ của gương phải rất nhỏ.

2) Góc tới của các tia sáng trên mặt gương cũng phải rất nhỏ, tức là các tia tới phải gần như song song với trục chính.

Khi các điều kiện tương điểm được thỏa mãn thì ảnh của một điểm sáng qua gương cầu sẽ là một điểm sáng (chứ không phải là một vết sáng). Và khi ấy ta mới xây dựng được khái niệm tiêu điểm cũng như công thức xác định vị trí của ảnh.

IV- TIÊU ĐIỂM CHÍNH - TIÊU CỰ - TIÊU ĐIỂM PHỤ

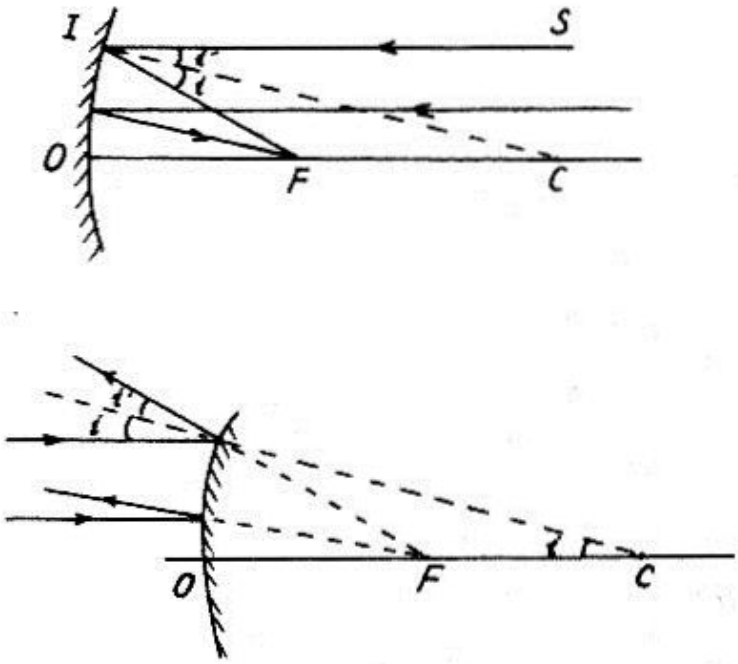
1. Tiêu điểm chính

a) Đình nghĩa : Cho một chùm tia tới song song với trục chính của một gương cầu. Đối với gương cầu lõm thì chùm tia phản xạ hội tụ tại một điểm F trên trục chính ; còn đối với gương cầu lồi thì chùm tia phản xạ phân kì và đường kéo dài của chúng cắt nhau tại một điểm F trên trục chính. Điểm F đó gọi là tiêu điểm chính của gương cầu (H. 5.7).

Theo nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng, nếu tia tới (hoặc đường kéo dài của nó) đi qua tiêu điểm chính thì tia phản xạ sẽ song song với trục chính.

b) Đặc điểm

+ Tiêu điểm chính của gương cầu lõm là tiêu điểm thật nằm ở trước gương, tại đó có sự tập trung năng lượng của chùm sáng phản xạ.



Hình 5.7

Nếu chùm tia tới là chùm sáng Mặt Trời thì chùm phản xạ có thể đốt cháy các vật tại tiêu điểm chính của gương.

+ Tiêu điểm chính của gương cầu lồi là tiêu điểm ảo, nằm ở sau gương. Nó là điểm đồng quy của đường kéo dài của các tia phản xạ.

c) Vị trí : Tiêu điểm chính nằm tại trung điểm của đoạn thẳng nối đỉnh gương và tâm gương.

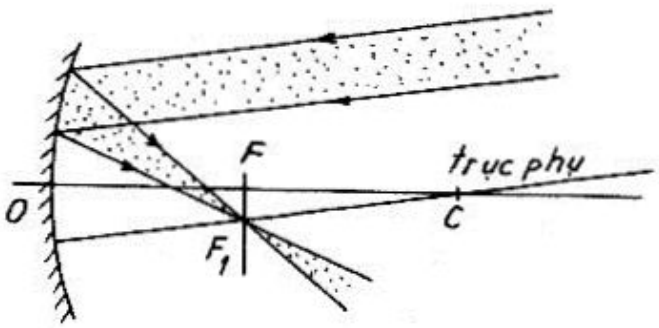
Thật vậy, ta hãy xét một tia tới SI trong chùm tia tới song song với trục chính (H.5.7).

Tia phản xạ cắt trục chính tại F. Tại I, góc tới và góc phản xạ đều bằng i. Tam giác IFC cân. Với IC = R (R là bán kính của gương), ta có $FC = \frac{R}{2\cos i}$.

Theo điều kiện tương điểm thì cosi ≈ 1 nên F là điểm giữa đoạn OC.

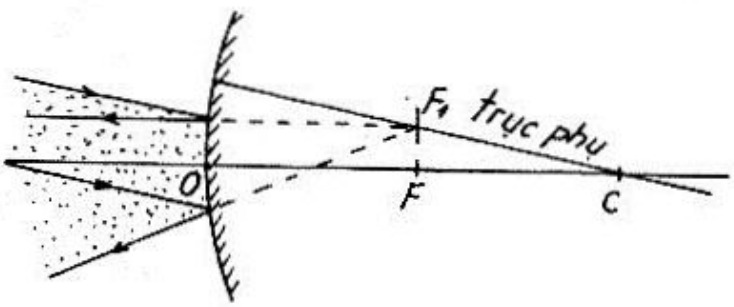
2. Tiêu cự : Khoảng cách từ đỉnh gương đến tiêu điểm chính gọi là tiêu cực của gương kí hiệu là f.

$$f = OF = \frac{R}{2}$$



3. Tiêu điểm phụ

a) Định nghĩa : Cho một chùm tia sáng tới song song với trục phụ của một gương cầu. Đối với gương cầu lõm thì chùm tia phản xạ hội tụ tại một điểm F_1 trên trục phụ ; còn đối với gương cầu lồi thì chùm tia phản xạ là chùm phân kì, đường kéo dài của chúng cắt



Hình 5.8

nhau tại một điểm F_1 trên trục phụ. Điểm F_1 đó gọi là tiêu điểm phụ của gương (H.5.8).

b) Đặc điểm

+ Có vô số tiêu điểm phụ.

+ Các tiêu điểm phụ của gương cầu lõm là tiêu điểm thật nằm ở trước gương, còn các tiêu điểm phụ của gương cầu lồi là tiêu điểm ảo nằm ở sau gương.

c) Vị trí : Các tiêu điểm phụ của một gương cầu nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm chính (gọi là tiêu diện của gương).

V- CÁCH VẼ ẢNH CỦA MỘT VẬT QUA GƯƠNG CẦU

1. Điều kiện : Giả sử có một điểm sáng phát ra một chùm tia tới phân kì đến gương cầu. Muốn cho ảnh của nó là một điểm, tức là muốn cho chùm tia phản xạ là chùm tia đồng quy, thì phải thỏa mãn điều kiện tương điểm.

Chẳng hạn như, ta hãy xét nhưng điều kiện để chùm phản xạ là chùm hội tụ. Đó là :

a) Phải là gương cầu lõm. Vì chùm tia phản xạ hội tụ cho ảnh điểm là ảnh thật, mà chỉ có gương cầu lõm mới có thể cho ảnh thật.

b) Phải thỏa mãn điều kiện tương điểm.

c) Phải đặt điểm sáng cách gương một khoảng lớn hơn tiêu cực của gương cầu lõm ($d > f$).

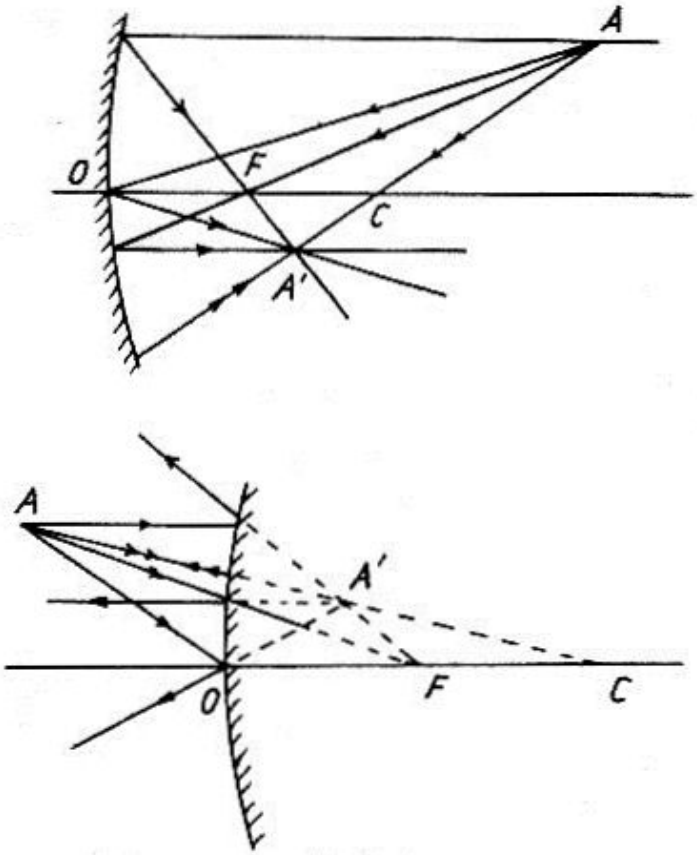
2. Cách vẽ ảnh của một điểm sáng

a) Trường hợp điểm sáng nằm ngoài trục chính

Muốn vẽ ảnh A' của điểm sáng A ta chỉ cần vẽ đường đi của hai trong bốn tia đặc biệt phát ra từ A :

+ Tia đi qua tâm gương (hoặc có đường kéo dài qua tâm). Sau khi phản xạ, tia phản xạ (hoặc đường kéo dài của tia phản xạ) đi qua tâm.

+ Tia song song với trục chính. Sau khi phản xạ, tia phản xạ (hoặc đường kéo dài của tia phản xạ) đi qua tiêu điểm chính.



Hình 5. 9

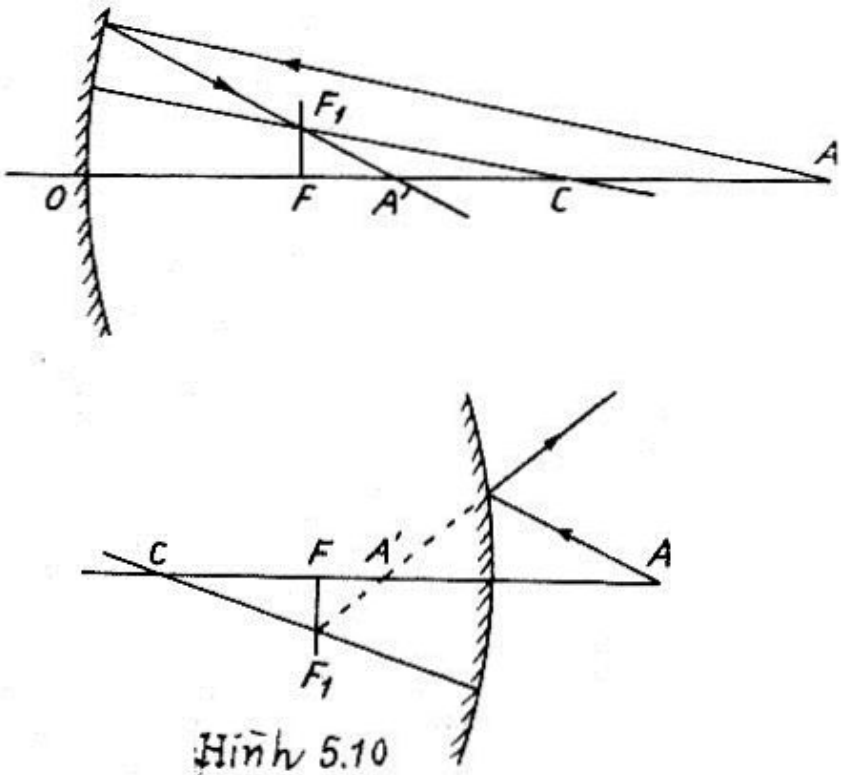
+ Tia đi qua tiêu điểm chính (hoặc có đường kéo dài qua tiêu điểm chính). Sau khi phản xạ, tia phản xạ đi song song với trục chính.

+ Tia tới đến đỉnh gương. Sau khi phản xạ, tia phản xạ đi theo phương đối xứng với tia tới qua trục chính (H. 5.9).

Nếu các tia phản xạ hội tụ tại A' thì A' là ảnh thật, thì điểm đồng quy A' của các đường kéo dài của các tia phản xạ sẽ ở phía sau gương và là ảnh ảo của A.

b) Trường hợp điểm sáng nằm trên trục chính

Trong trường hợp này, bốn tia đặc biệt trên đây chỉ là một tia tới trùng với trục chính. Sau khi phản xạ, tiạ này cũng trùng với trục chính. Muốn vẽ ảnh của điểm A, ta cần vẽ thêm đường đi của một tia không đặc biệt AI có góc tới nhỏ. Muốn thế ta kẻ trục phụ song song với tia AI và xác định tiêu điểm phụ F_1, rồi vẽ tia

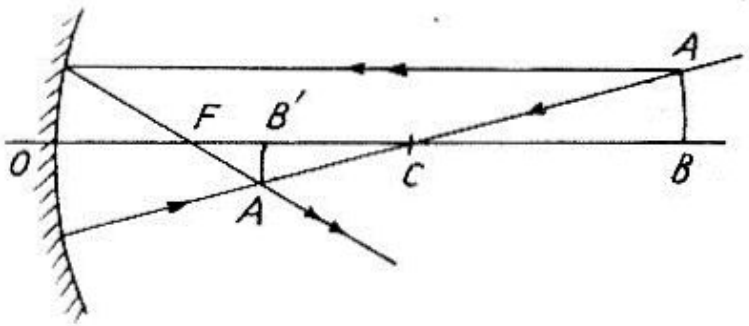


Hình 5.10

phản xạ (hoặc đường kéo dài của tia phản xạ) đi qua F_1. Tia này (hoặc đường kéo dài) cắt trục chính tại một điểm. Điểm đó là ảnh A' của A (H.5.10).

3. Cách vẽ ảnh của một vật cho bởi gương cầu

a) Trước hết ta hãy chứng minh rằng nếu vật là một đoạn thẳng nhỏ vuông góc với trục chính của một gương cầu thì ảnh cũng là một đoạn thẳng nhỏ vuông góc với trục chính.



Hình 5.11

Giả sử A là một điểm sáng nằm trên trục chính của một gương cầu và A' là ảnh của nó (H.5.11). Quay hệ thống một góc phẳng rất nhỏ quanh tâm C sao cho A đến vị trí B và A' đến B'. Khi quay gương như vậy thì gương trùng với chính nó. Do đó cung $\overset{\frown}{A'B'}$ là ảnh của cung $\overset{\frown}{AB}$ qua gương cầu. Vì góc quay rất nhỏ, nên các cung $\overset{\frown}{AB}$ và $\overset{\frown}{A'B'}$ coi như các đoạn thẳng, các hình quạt CAB và CA'B' trở thành các tam giác cân đồng dạng có góc ở đỉnh C rất nhỏ và hai góc ở đáy gần bằng 90^o. Như vậy, nếu AB vuông góc với trục chính thì ảnh A'B' cũng vuông góc với trục chính.

b) Từ nhận xét trên ta suy ra được cách vẽ ảnh của một vật. Giả sử vật là một đoạn thẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính và có điểm B nằm trên trục. Khi ấy ta chỉ cần vẽ ảnh A' của A rồi hạ đường thẳng góc A'B' xuống trục chính. A'B' là ảnh của AB.

4. Tính chất của ảnh cho bởi gương cầu

a) Ảnh của một vật đặt trước gương cầu lồi bao giờ cũng là ảnh ảo, cùng chiều với vật và nhỏ hơn vật.

b) Ảnh của một vật đặt trước gương cầu lõm :

– Nếu vật ở ngoài tâm C, thì ảnh của nó là ảnh thật, ngược chiều với vật và nhỏ hơn vật.

– Nếu vật ở tâm C, thì ảnh của nó là ảnh thật, ngược chiều, bằng vật và cũng ở tâm C.

- Nếu vật ở trong khoảng từ tâm C đến tiêu điểm chính F, thì ảnh của nólà ảnh thật, ngược chiều với vật và lớn hơn vật.

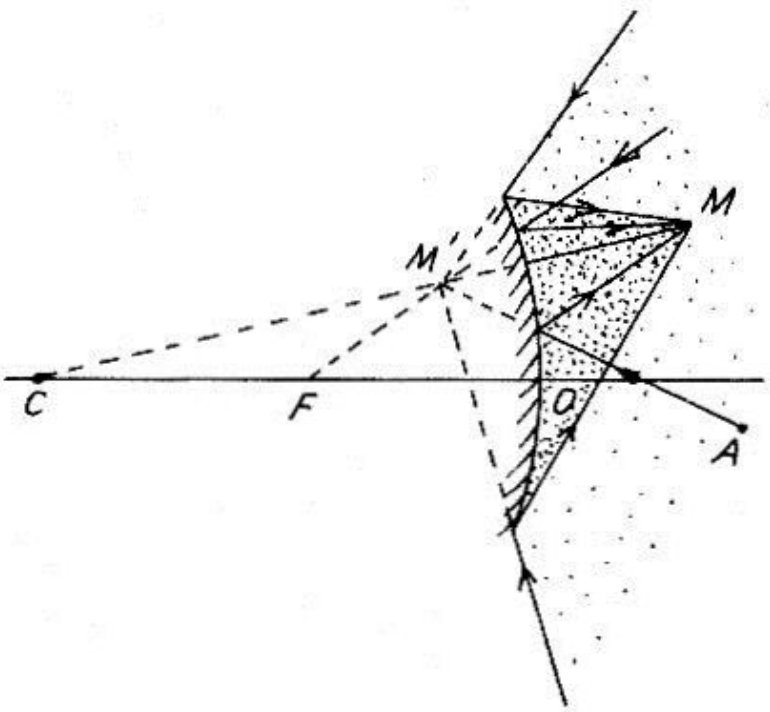
- Nếu vật ở tiêu điểm chính thì ảnh của nó ở vô cực.

- Nếu vật ở trong khoảng từ tiêu điểm chính F đến đỉnh gương O, thì ảnh của nó là ảnh ảo, cùng chiều với vật và lớn hơn vật.

- Nếu vật ở sát đỉnh gương, thì ảnh của nó là ảnh ảo, cùng chiều với vật, bằng vật và cũng ở sát đỉnh gương.

V- THỊ TRƯỜNG CỦA GƯƠNG CẦU LỒI

Giả sử có một điểm sáng M đặt trước một gương cầu lồi. Chùm tia sáng phân kì phát ra từ M chiếu vào mặt gương, sau khi phản xạ sẽ trở thành một chùm tia phản xạ phân kì có đường kéo dài đi qua ảnh M' của M (H.5.12). Nếu mặt gương hình tròn thì chùm tia phản xạ sẽ nằm trong phạm vi một mặt nón có đỉnh là M' và mặt bên tựa lên vành gương.



Hình 5.12

Bây giờ thay cho điểm sáng M, ta đặt mắt ở vị trí M và nhìn vào gương cầu. Áp dụng nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền tia sáng, ta sẽ thấy : mỗi điểm sáng A nằm trong phạm vi hình nón nói ở trên đều có thể phát ra một tia sáng tới gương và có đường kéo dài đi qua M'. Tia này sau khi phản xạ thì đi vào mắt ở M. Như thế mắt sẽ nhìn thấy ảnh của A trong gương.

Vùng không gian giới hạn bởi mặt nón này gọi *là thị trường của gương cầu lồi.*

Thị trường của gương cầu lồi bao giờ cũng lớn hơn thị trường của một gương phẳng có cùng kích thước bề mặt và ứng với cùng một vị trí đặt mắt của người quan sát.

VI- CÔNG THỨC GƯƠNG CẦU

1. Quy ước về đầu

Vị trí tương đối của vật AB, ảnh A'B' và tiêu điểm chính F đối với đỉnh gương O được xác định bằng các đại lượng $d = \overline{OA}$; $d' = \overline{OA'}$ và $f = \overline{OF}$ với quy ước về dấu như sau :

+ $d > 0$ nếu là vật thật ; $d <$ nếu là vật ảo

+ $d' > 0$ nếu là ảnh thật ; $d' < 0$ nếu là ảnh ảo

+ $f > 0$ nếu là tiêu điểm thật (gương cầu lõm) ;

$f < 0$ nếu là tiêu điểm ảo (gương cầu lồi) ;

+ Nếu ảnh A'B' cùng chiều với vật AB thì $\overline{A'B'}$ cùng dấu với $\overline{AB}$; nếu ảnh A'B' ngược chiều với vật AB thì $\overline{A'B'}$ ngược dấu với $\overline{AB}$.

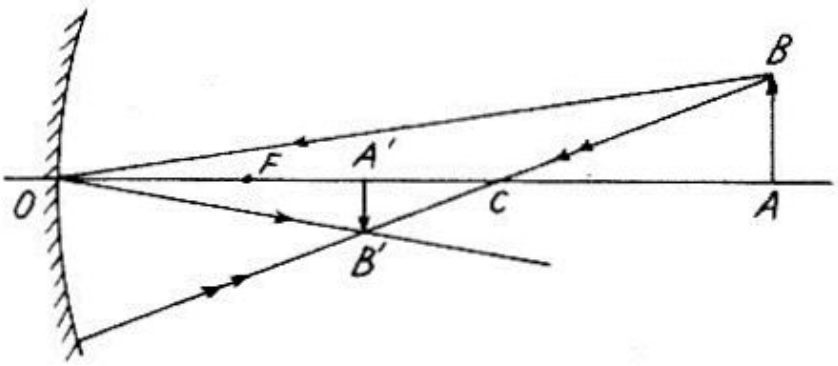
2. Công thức gương cầu

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$$

Công thức này có tính chất tổng quát, đúng cho mọi trường hợp tảo ảnh bởi gương cầu lõm hoặc gương cầu lồi.

Dưới đây ta xét ba trường hợp để minh họa.

a) Vật thật đứng trước gương cầu lõm cho ảnh thật.



Hình 5. 13

+ Quy ước về dấu

$$d = \overline{OA} > 0 \rightarrow OA = d$$
$$d' = \overline{OA'} > 0 \rightarrow OA' = d'$$
$$f = \overline{OF} > 0 \rightarrow OF = f$$

+ Xét hai tam giác đồng dạng OA'B' và OAB (H. 5.13) ta có :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng CA'B' và CAB ta có :

$$\frac{CA'}{CA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (2)$$

So sánh (1) với (2) ta được :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{CA'}{CA} = \frac{OC - OA'}{OA - OC}$$

$\frac{d'}{d} = \frac{2f - d'}{d - 2f}$ Suy ra : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$

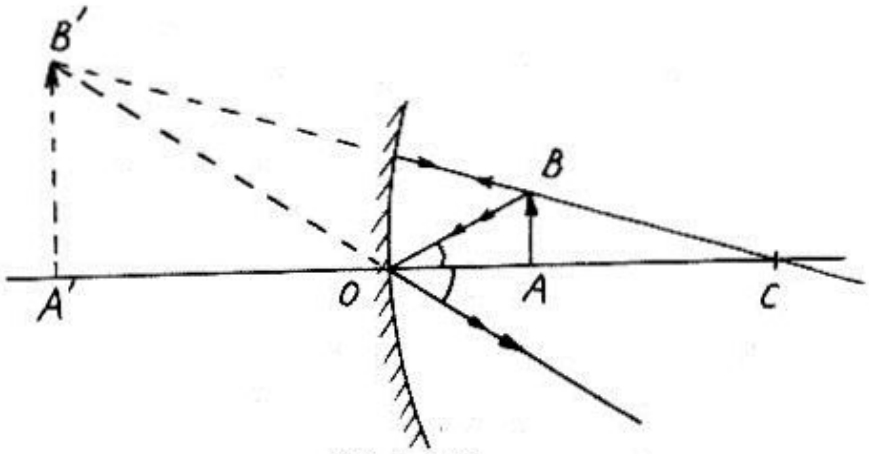
b) Vật thật đứng trước gương cầu lõm của ảnh ảo

+ Quy ước về dấu

$d = \overline{OA} > 0 \rightarrow OA = d$

$d' = \overline{OA'} < 0 \rightarrow OA' = - d'$

$f = \overline{OF} > 0 \rightarrow OF = f$



Hình 5.14

+ Xét hai tam giác đồng dạng OA'B' và OAB, ta có (H. 5.14)

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng CA'B' và CAB, ta có :

$$\frac{CA'}{CA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (2)$$

So sánh (1) với (2) ta được :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{CA'}{CA} = \frac{OC + OA'}{OC - OA}$$

$$-\frac{d'}{d} = \frac{2f - d'}{2f - d}. \text{ Suy ra : } \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$$

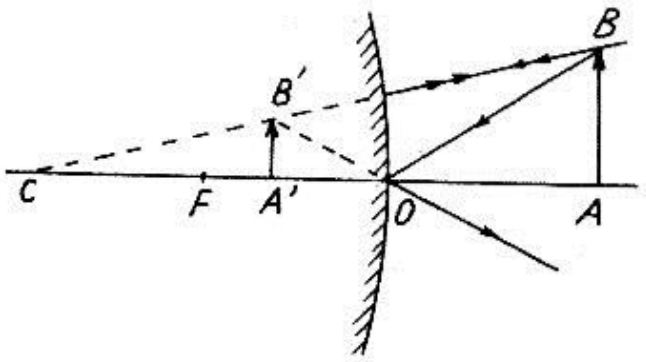
c) Vật thật đứng trước gương cầu lồi cho ảnh ảo.

+ Quy ước về dấu :

$d = \overline{OA} > 0 \rightarrow OA = d$

$d' = \overline{OA'} < 0 \rightarrow OA' = -d'$

$f = \overline{OF} < 0 \rightarrow OF = -f$



Hình 5.15

+ Xét hai tam giác đồng dạng OA'B' và OAB, (H.5.15) ta có :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (1)$$

Xét tam giác đồng dạng CA'B' và CAB, ta có :

$$\frac{CA'}{CA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (2)$$

So sánh (1) với (2) ta được

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{CA'}{CA} = \frac{CO - OA'}{CO + OA}$$

$$-\frac{d'}{d} = \frac{-2f + d'}{-2f + d} \qquad \text{Suy ra } \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$$

3. Độ phóng đại của ảnh

Độ phóng đại của ảnh là tỉ số giữa chiều cao của ảnh và chiều cao của vật.

$$k = \frac{\overline{A'B}}{AB} = -\frac{d'}{d}$$

Với quy ước về dấu : $k > 0$: ảnh cùng chiều với vật

$k < 0$: ảnh ngược chiều với vật.

Giá trị tuyệt đối của k cho biết độ lớn tỉ đối của ảnh so với vật.

VII- NHỮNG ỨNG DỤNG CỦA GƯƠNG CẦU

1. Gương cầu lõm được dùng.

+ Trong các lò mặt trời để tập trung năng lượng của ánh sáng mặt trời vào tiêu điểm của gương.

+ Trong các kính thiên văn phản xạ để tạo ra ở tiêu điểm của gương ảnh thật của các thiên thể.

+ Trong một số đèn chiếu để tạo ra một chùm sáng song song.

+ Trong việc trang điểm của diễn viên v.v...

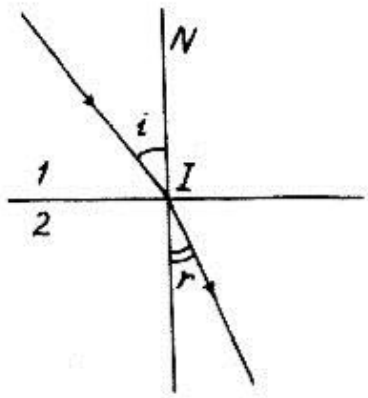
2. Gương cầu lồi được dùng làm gương nhìn sau của ôtô, xe máy v.v...

Bài 3

SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG. HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

I- HIỆN TƯỢNG KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm : Chiếu một chùm tia sáng song song, hẹp (coi như một tia sáng SI) vào mặt phân cách giữa không khí và nước đựng trong một bể nhỏ có thành bằng thủy tinh phẳng, thẳng đứng. Tia tới SI nghiêng đối với mặt phân cách (H. 5.16). Ta thấy tia sáng đi xuyên vào trong nước nhưng tại điểm tới I tia sáng bị gẫy khúc.



Hình 5.16.

Hiện tượng này gọi là hiện tượng khúc xạ ánh sáng... Tia sáng IK đi trong nước gọi là tia khúc xạ.

2. Hiện tượng khi ánh sáng truyền qua một mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt, tia sáng bị gẫy khúc (đổi hướng đột ngột) ở mặt phân cách gọi là hiện tượng khúc xạ ánh sáng.

II - ĐỊNH LUẬT KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm

a) Trong thí nghiệm trên ta đặt một bảng gỗ sơn trắng vuông góc với mặt nước và thay đổi góc tới sao cho tia tới SI quét là là mặt bảng. Ta sẽ thấy tia khúc xạ IK cũng quét là là mặt bảng đó. Như vậy, tia khúc xạ và tia tới luôn luôn nằm trong cùng một mặt phẳng vuông góc với mặt phân cách. Mặt phẳng này chính là mặt phẳng tới. Nó chứa tia tới SI và pháp tuyến IN của mặt phân cách ở điểm tới I.

b) Muốn xác định vị trí của tia khúc xạ trong mặt phẳng tới, người ta đo chính xác góc tới i (góc tạo bởi tia tới và pháp tuyến) và góc khúc xạ r (góc tạo bởi tia khúc xạ và pháp tuyến) và tìm mối liên hệ giữa hai góc đó. Thí nghiệm cho thấy sin của góc khúc xạ tỉ lệ với sin của góc tới.

2. Định luật khúc xạ ánh sáng

a) Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở bên kia pháp tuyến so với tia tới.

b) Đối với một cặp môi trường trong suốt nhất định thì tỉ số giữa sin của góc tới (sin i) với sin của góc khúc xạ (sin r) luôn luôn là một số không đổi. Số không đổi này phụ thuộc vào bản chất của hai môi trường và được gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường chứa tia khúc xạ (môi trường 2) đối với môi trường chứa tia tới (môi trường 1), kí hiệu là n_{21}.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} \qquad (1)$$

Nếu $n_{21} > 1$ ta nói môi trường 2 chiết quang hơn môi trường 1.

Nếu $n_{21} < 1$ ta nói môi trường 2 chiết quang kém môi trường 1.

3. Từ định luật khúc xạ ta suy ra hai trường hợp tia sáng không bị khúc xạ. Đó là :

a) Trường hợp tia sáng chiếu vuông góc với mặt phân cách.

b) Trường hợp chiết suất tỉ đối $n_{21} = 1$.

III - CHIẾT SUẤT TỈ ĐỐI VÀ CHIẾT SUẤT TUYỆT ĐỐI

1. Định nghĩa

a) Chiết suất của một môi trường đối với một môi trường khác là chiết suất tỉ đối.

b) Chiết suất của một môi trường đối với chân không là chiết suất tuyệt đối của môi trường đó.

Vì chiết suất tuyệt đối của không khí xấp xỉ bằng 1 nên ta có thể coi chiết suất của một chất đối với không khí bằng chiết suất tuyệt đối của nó.

2. Giữa chiết suất tỉ đối n_{21} của môi trường 2 đối với môi trường 1 và các chiết suất tuyệt đối n_1 và n_2 của chúng có hệ thức sau :

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (2)$$

Nếu biết n_{21} và n_1, ta áp dụng hệ thức 2 suy ra được n_2. Thí dụ (Đề 47)

$$n_{\text{thủy tinh - nước}} = \frac{n_{\text{thủy tinh}}}{n_{\text{nước}}} = \frac{9}{8} \rightarrow n_{\text{thủy tinh}} = \frac{9}{8}.n_{\text{nước}} = \frac{9}{8} \cdot \frac{4}{3} = 1,5$$

$$n_{\text{kim cương - nước}} = \frac{n_{\text{kim cương}}}{n_{\text{nước}}} = \frac{2,4.3}{4} = 1,8$$

3. Dựa vào thuyết về bản chất sóng của ánh sáng mà Huyghenxơ đề ra, người ta đã chứng minh được rằng chiết suất tuyệt đối của các môi trường trong suốt tỉ lệ nghịch với vận tốc truyền của ánh sáng trong các môi trường đó. $\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$(3) Trong hệ thức (3) nếu môi trường 1 là chân không thì ta có $n_1 = 1$ và $v_1 = c = 3.10^8$ m/s. Kết quả ta được :

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \text{ hay } n = \frac{c}{v} \qquad (4)$$

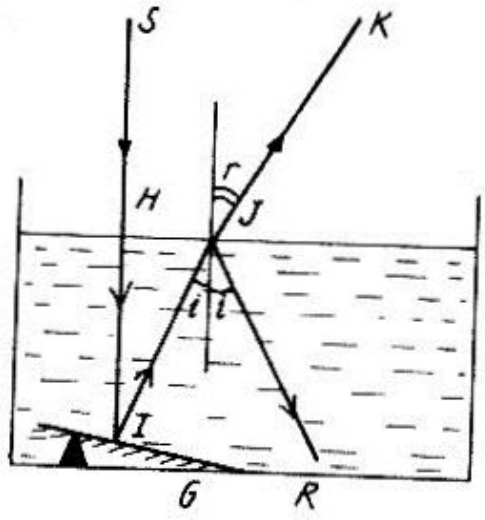
Vì vận tốc truyền ánh sáng trong các môi trường đều nhỏ hơn vận tốc truyền ánh sáng trong chân không, nên chiết suất tuyệt đối của các môi trường luôn luôn lớn hơn 1. Trong khi đó, chiết suất tỉ đối giữa hai môi trường có thể lớn hơn 1, nhỏ hơn 1 hoặc bằng 1.

Hệ thức (4) cho thấy, chiết suất tuyệt đối của các môi trường trong suốt cho biết vận tốc truyền ánh sáng trong các môi trường đó nhỏ hơn vận tốc truyền ánh sáng trong chân không bao nhiêu lần.

IV - HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

Một bể nước nhỏ có thành bằng thủy tinh phẳng, thẳng đứng, dưới đáy bể có một gương phẳng G đặt nghiêng. Chiếu một chùm tia sáng song song hẹp (coi như một tia sáng) từ không khí vào nước theo phương vuông góc với mặt nước, tia này gặp gương thì bị phản xạ trở lại, gặp mặt nước tại J (H.5.17). Bằng cách như vậy, ta tạo ra được tia sáng truyền từ nước sang không khí (tia IJ). Tại J, một phần chùm tia sáng bị phản xạ (tia JR) và một phần khúc xạ ra ngoài không khí (tia JK).

Ta có thể quan sát được đường đi của các tia IJ, JR và JK bằng cách cho chúng đi là là mặt của một bảng gỗ nhỏ sơn trắng. Khi tăng dần độ nghiêng của gương thì góc tới i cũng tăng dần. Kết quả thí nghiệm cho thấy :



Hình 5.17

+ Khi góc tới i còn nhỏ thì tia khúc xạ JK rất sáng còn tia phản xạ JR rất mờ.

+ Khi góc tới i tăng lên thì góc khúc xạ r cũng tăng nhưng r luôn luôn lớn hơn i. Đồng thời ta thấy tia phản xạ sáng dần lên còn tia khúc xạ mờ dần đi.

+ Khi góc tới i đạt tới một giá trị nào đó (mà ta gọi là góc giới hạn phản xạ toàn phần i_{gh}) thì góc khúc xạ r = 90°. Lúc đó tia khúc xạ đi là là mặt phân cách và rất mờ, còn tia phản xạ rất sáng.

+ Nếu tiếp tục tăng i sao cho $i > i_{gh}$ thì sẽ không còn tia khúc xạ nữa. Toàn bộ tia tới bị phản xạ. Do đó tia phản xạ sáng như tia tới. Đó là *hiện tượng phản xạ toàn phần.*

II - CÁC ĐIỀU KIỆN ĐỂ CÓ HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN XẢY RA TRÊN MẶT PHÂN CÁCH GIỮA HAI MÔI TRƯỜNG TRONG SUỐT

1. Tia sáng phải truyền theo chiều từ môi trường chiết quang hơn (có chiết suất lớn hơn) sang môi trường chiết quang kém (có chiết suất nhỏ hơn), tức là $n_1 > n_2$.

2. Góc tới của tia sáng trên mặt phân cách phải lớn hơn hoặc bằng góc giới hạn phản xạ toàn phần (i_{gh}). Khi $i = i_{gh}$ thì hiện tượng phản xạ toàn phần bắt đầu xảy ra.

III - GÓC GIỚI HẠN PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

Khi bắt đầu có phản xạ toàn phần thì $i = i_{gh}$ và r = 90°. Áp dụng định luật khúc xạ, ta có :

$$\frac{\sin i_{gh}}{\sin 90^o} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

hay $\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1}$ $(n_1 > n_2)$

Nếu tia sáng đi theo chiều từ một môi trường trong suốt nào đó (nước, thủy tinh...) ra không khí thì $n_2 = 1$ và

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n_1}$$

IV - PHÂN BIỆT HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN VỚI HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ THÔNG THƯỜNG

a) Giống nhau - cùng là hiện tượng phản xạ : tia sáng đổi phương đột ngột và trở lại môi trường cũ.

- Cả hai hiện tượng đều tuân theo định luật phản xạ ánh sáng.

b) Khác nhau :

+ Ở mặt nhẵn bóng bất kì hiện tượng phản xạ thông thường xẩy ra dưới góc tới bất kì, không cần thêm điều kiện gì.

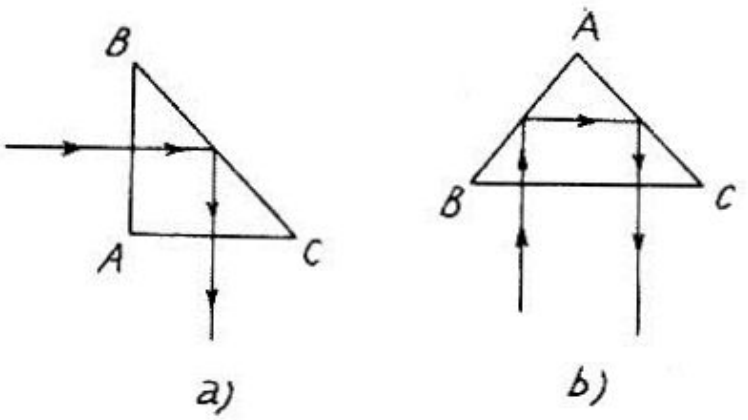
+ Ở mặt phân cách hai môi trường trong suốt, hiện tượng phản xạ thông thường xảy ra dưới góc tới bất kì nếu tia sáng truyền theo chiều từ mặt phẳng chiết quang kém sang môi trường chiết quang hơn, và dưới góc tới nhỏ hơn hoặc bằng góc giới hạn phản xạ toàn phần, nếu tia sang đi từ mặt phẳng chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém.

Còn hiện tượng phản xạ toàn phần chỉ xảy ra khi có đủ hai điều kiện nêu ở trên.

Nếu bỏ qua sự hấp thụ ánh sáng thì trong hiện tượng phản xạ toàn phần, tia phản xạ sáng như tia tới, còn trong hiện tượng phản xạ thông thường, tia phản xạ dù sao cũng sáng yếu hơn tia tới (ngay cả khi tia sáng phản xạ trên một mặt kim loại nhẵn bóng).

V - LĂNG KÍNH PHẢN XẠ TOÀN PHẦN VÀ ỨNG DỤNG

1. Lăng kính phản xạ toàn phần : Lăng kính phản xạ toàn phần là một khối thủy tinh hình lăng trụ đứng, có tiết diện thẳng



Hình 5.18

là một tam giác vuông cân ABC (H.5.18). Có hai cách sử dụng lăng kính phản xạ toàn phần :

a) Chiếu tia tới vuông góc với mặt bên (AB chẳng hạn) của lăng kính. Tia sáng đi trong lăng kính sẽ bị phản xạ toàn phần trên mặt huyền BC của lăng kính (Góc giới hạn phản xạ toàn phần của thủy tinh vào khoảng $41^{\circ}50'$) (H. 5.18a).

b) Chiếu tia tới vuông góc với mặt huyền BC của lăng kính. Tia sáng sẽ bị phản xạ toàn phần hai lần liên tiếp trên mặt bên (H.5.18b).

2. Ứng dụng : Lăng kính phản xạ toàn phần được dùng thay gương phẳng trong một số dụng cụ quang học như ống nhòm, kính tiềm vọng v.v.. vì nó có ưu điểm là không cần lớp mạ và tỉ lệ phần trăm ánh sáng phản xạ rất lớn (sáng hơn và bền hơn gương).

Bài 4

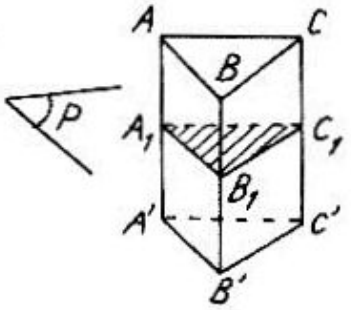
LĂNG KÍNH

I - CÁC ĐỊNH NGHĨA

1. Lăng kính là một khối chất trong suốt (thủy tinh, thạch anh...) hình trụ đứng, có tiết diện thẳng là một hình tam giác (H.5.19).

2. Hai mặt của lăng kính để sử dụng gọi là *hai mặt bên* (thí dụ hai mặt ABB'A' và ACC'A'). Mặt còn lại gọi là *mặt đáy* của lăng kính (thí dụ mặt BCC'B').

3. Góc nhị diện A tạo bởi hai mặt bên gọi là *góc chiết quang* của lăng kính. 4. Giao tuyến AA' của hai mặt bên gọi là *cạnh* của lăng kính. Một mặt phẳng P vuông góc với cạnh sẽ cắt lăng kính theo một *tiết diện thẳng* (thí dụ $A_1B_1C_1$).



Hình 5.19

Ta chỉ xét những tia sáng khi đi qua lăng kính nằm trong một tiết diện thẳng nhất định.

5. Chiết suất tỉ đối n của chất làm lăng kính đối với môi trường trong đó đặt lăng kính thường được gọi tắt là *chiết suất của lăng kính*.

II - ĐƯỜNG ĐI CỦA MỘT TIA SÁNG ĐƠN SẮC (có một màu nhất định) QUA MỘT LĂNG KÍNH

1. Điều kiện khảo sát

a) Tia đơn sắc nằm trong một tiết diện thẳng của lăng kính.

b) Chiết suất n của lăng kính đối với tia này lớn hơn 1.

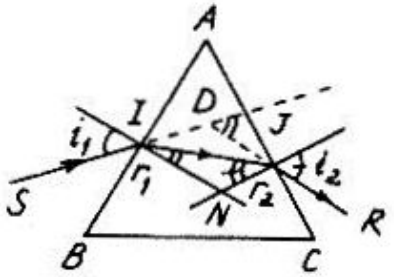
c) Tia tới từ phía đáy lăng kính đi lên (H.5.20).

2. Đường đi của tia sáng :

Tia sáng truyền theo hướng SI tới mặt bên BA. Tại I tia sáng bị khúc xạ, truyền theo hướng IJ.

Vì n > 1 nên $i_1 > r_1$. Tia khúc xạ IJ bị lệch về phía BC.

Tiếp đó, tia IJ tới mặt bên AC tại J. Tại đó tia sáng bị khúc xạ và truyền



Hình 5.20

ra ngoài theo hướng JR. Vì n > 1 nên $i_2 > r_2$. Tia ló JR lại bị lệch thêm về phía đáy.

Như vậy, sự truyền ánh sáng qua một lăng kính (n > 1) có một đặc điểm rất quan trọng là : sau khi qua lăng kính, hướng của tia ló bị lệch về phía đáy của lăng kính so với tia tới.

III - GÓC LỆCH

1. Định nghĩa : Góc lệch D giữa tia ló và tia tới là góc phải quay tia tới SI để nó trùng về phương và chiều với tia ló JR (H.5.20).

2. Công thức tính góc lệch D

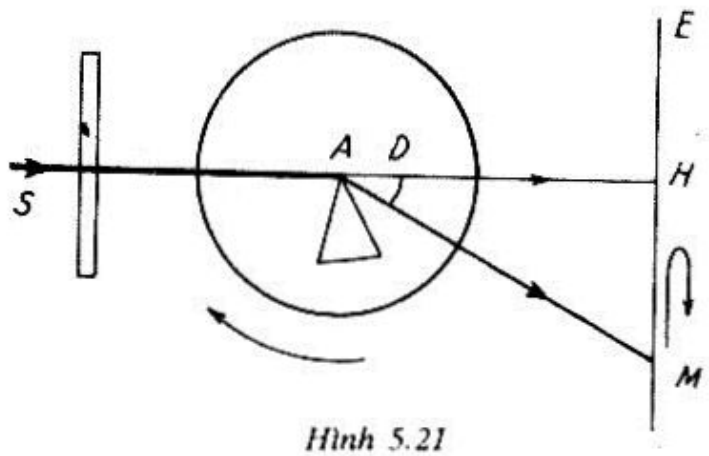
Để tính góc lệch D của tia ló nếu biết góc tới i_1 góc chiết quang A và chiết suất n của lăng kính, ta áp dụng các công thức sau đây, gọi là *các công thức về lăng kính* :

$$\sin i_1 = n \sin r_1$$
$$\sin i_2 = n \sin r_2$$
$$A = r_1 + r_2$$
$$D = i_1 + i_2 - A$$

3. Góc lệch cực tiểu

a) Khái niệm về góc lệch cực tiểu

Đối với một lăng kính nhất định, góc lệch D phụ thuộc vào góc tới i_1 của tia tới. Khi cho i_1 biến thiên thì D cũng biến thiên nhưng sẽ có một giá trị cực tiểu D_{min}. Để có khái niệm về góc lệch cực tiểu ta hãy xét thí nghiệm sau (H.5.21). Đặt một lăng kính thủy tinh trên một bàn quay sao cho cạnh của lăng kính nằm dọc theo trục của bàn quay. Chiếu một chùm tia sáng đơn sắc SA, song song, hẹp vào cạnh của lăng kính sao cho một phần của chùm tia không qua lăng kính. Phần này



Hình 5.21

cho một vết sáng H trên một màn E đặt vuông góc với phương SA. Một phần của chùm tia sáng đi qua lăng kính bị lệch về phía đáy lăng kính và cho trên màn E một vết sáng M. Góc $\widehat{HAM}$ chính là góc lệch D của tia ló. Quay từ từ bàn quay theo chiều mũi tên. TA thấy vết sáng H đứng yên, còn vết sáng M dịch chuyển lại gần H (D giảm). Đến một lúc nào đó thì vết sáng M dừng lại (ứng với D_{min}) rồi dịch chuyển ngược lại, ra xa H (D tăng).

Người ta chứng minh được là khi góc lệch D có giá trị cực tiểu thì góc ló bằng góc tới ($i_2 = i_1$). Lúc đó $r_2 = r_1$ và mặt phẳng phân giác của góc chiết quang trở thành mặt phẳng đối xứng của đường đi tia sáng qua lăng kính.

Kết quả này cũng dễ hiểu, vì các công thức về lăng kính cho thấy : góc lệch D phụ thuộc như nhau vào i_1 và i_2. Do đó cực tiểu của D ứng với giá trị nào của i_1 thì nó cũng ứng với giá trị như vậy của i_2.

b) Công thức tính góc lệch cực tiểu :

Từ các công thức về lăng kính và với $i_1 = i_2$; $r_1 = r_2$, ta suy ra :

$$\sin\frac{D_{min} + A}{2} = n\sin\frac{A}{2} \quad (3)$$

c) ý nghĩa của việc đo góc lệch cực tiểu

Công thức (3) cho thấy, D_{min} chỉ phụ thuộc A và n. Nếu đo được D_{min} ta sẽ xác định được n. Đó là cơ sở của phép đo chiết suất của các chất rắn và chất lỏng bằng giác kế (máy đo góc).

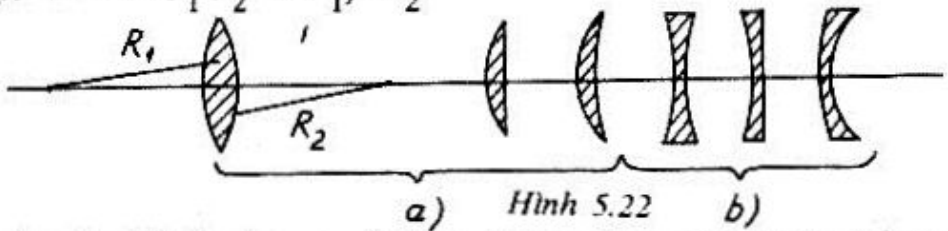
Bài 5

THẤU KÍNH MỎNG

I - CÁC ĐỊNH NGHĨA

1. Thấu kính : Thấu kính là một khối chất trong suốt giới hạn bởi hai mặt cong, thường là hai mặt cầu. Một trong hai mặt có thể là mặt phẳng (H. 5.22).

2. Thấu kính mỏng là thấu kính có khoảng cách giữa hai đỉnh (O_1 và O_2) của hai chỏm cầu rất nhỏ so với bán kính R_1 và R_2 của các mặt cầu : $O_1O_2 \ll R_1, R_2$.



a) Hình 5.22 b)

3. Căn cứ vào hình dạng và tác dụng của các thấu kính người ta chia thấu kính ra làm hai loại : *thấu kính hội tụ* (còn gọi là thấu kính rìa mỏng) và *thấu kính phân kì* (còn gọi là thấu kính rìa dày).

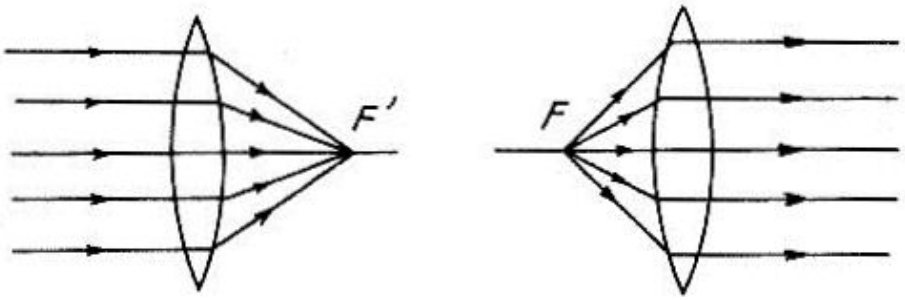
4. Đường thẳng nối tâm của hai chỏm cầu gọi là *trục chính* của thấu kính. Trong trường hợp thấu kính có một mặt cầu và một mặt phẳng thì trục chính là đường thẳng đi qua tâm của mặt cầu và vuông góc với mặt phẳng.

5. Phần giữa của thấu kính, nằm giữa hai đỉnh của hai chỏm cầu coi như một bản trong suốt rất mỏng có hai mặt song song với nhau. Hai đỉnh của hai chỏm cầu coi gần như trùng với nhau. Tia sáng đi qua điểm này sẽ truyền thẳng. Điểm này gọi là *quang tâm* của thấu kính.

6. Các đường thẳng đi qua quang tâm và không trùng với trục chính được gọi là *các trục phụ*.

II – TIÊU ĐIỂM CHÍNH CỦA THẤU KÍNH

1. Định nghĩa : Cho một chùm tia sáng tới song song với trục chính của thấu kính (chùm tia sáng mặt trời chẳng hạn). Đối với thấu kính hội tụ thì chùm tia ló sẽ hội tụ tại một điểm F' trên trục chính. Còn đối với thấu kính phân kì



Hình 5.23

thì chùm tia ló sẽ bị phân kì và đường kéo dài của các tia ló sẽ đồng qui tại một điểm F' trên trục chính. Điểm F' đó được gọi là *tiêu điểm chính của thấu kính* (H.5.23).

Theo nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng nếu tia tới (hoặc đường kéo dài của nó) đi qua tiêu điểm chính, thì tia ló sẽ song song với trục chính.

2. Đặc điểm

a) Mỗi thấu kính mỏng có hai tiêu điểm chính nằm đối xứng với nhau ở hai bên quang tâm.

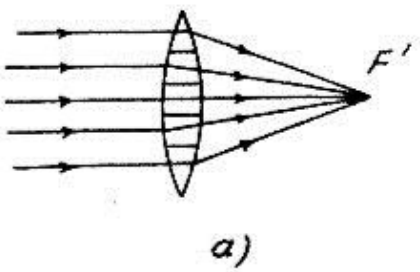
b) Tiêu điểm chính của thấu kính hội tụ là *tiêu điểm thật*. Tiêu điểm chính của thấu kính phân kì là *tiêu điểm ảo*.

3. Giải thích

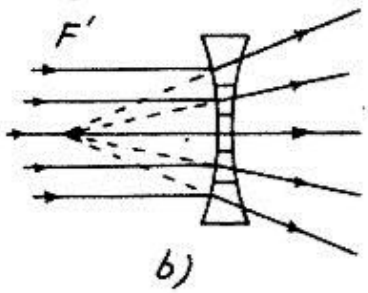
Để giải thích đường đi của một chùm tia sáng song song với trục chính qua một thấu kính, ta tưởng tượng chia thấu kính thành rất nhiều phần nhỏ. Mỗi phần coi như một lăng kính. Mỗi tia tới đi qua một phần nhỏ đó, coi như đi qua một lăng kính có góc chiết quang rất nhỏ, nên bị lệch về phía đáy lăng kính.

Ở các thấu kính rìa mỏng, đáy của các lăng kính hướng về phía trục chính. Do đó, các tia ló sẽ hội tụ tại một điểm trên trục chính. Điểm đó là một tiêu điểm chính của thấu kính (H.5.24a).

Ở các thấu kính rìa dày, đáy của các lăng kính hướng ra phía rìa. Do đó, chùm tia ló sẽ là một chùm phân kì. Đường kéo dài của các tia ló sẽ cắt trục chính tại cùng một điểm F'. Điểm đó là một tiêu điểm chính của thấu kính phân kì (H.5.24b).



Hình 5.24a



Hình 5.24b

Căn cứ vào điều kiện tương điểm, ta có thể chứng minh rằng chỉm tia ló là chùm đồng qui (các tia ló hoặc đường kéo dài của các tia ló cắt nhau tại cùng một điểm).

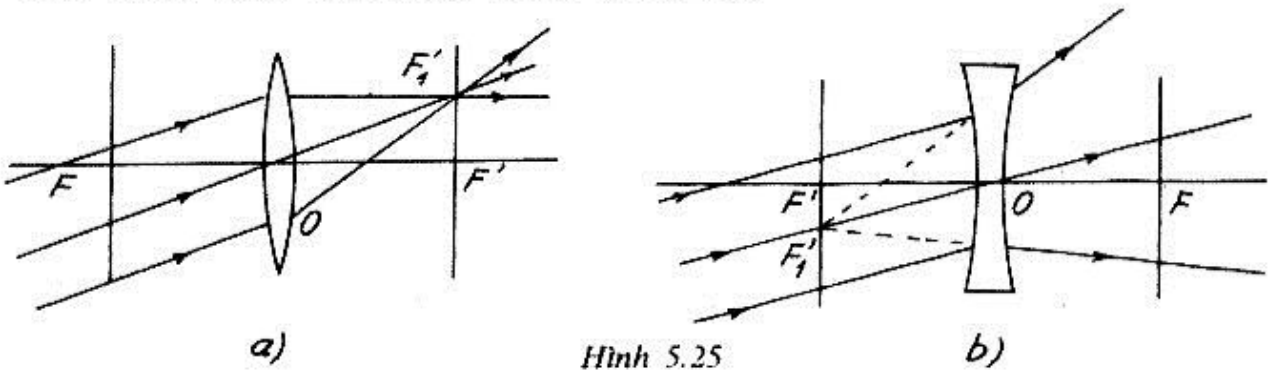
4. Tiêu điểm ảnh và tiêu điểm vật

a) Tiêu điểm ảnh là tiêu điểm mà tia ló (hoặc đường kéo dài của tia ló) sẽ đi qua, nếu tia tới song song với trục chính.

b) Tiêu điểm vật là tiêu điểm mà khi tia tới qua đó sẽ cho một tia ló song song với trục chính.

III - CÁC TIÊU ĐIỂM PHỤ TIÊU DIỆN CỦA THẤU KÍNH

1. Tiêu điểm phụ : Cho một chùm tia sáng tới song song với một trục phụ của một thấu kính. Đối với thấu kính hội tụ thì chùm tia ló sẽ hội tụ tại một điểm F'_1 trên trục phụ ; còn đối với thấu kính phân kì, thì chùm tia ló phân kì, đường kéo dài của chúng cắt trục phụ tại một điểm F'_1 trên trục phụ. Điểm F'_1 gọi là một tiêu điểm phụ của thấu kính (H.5.25).



Hình 5.25

2. Tiêu điểm phụ của thấu kính hội tụ là tiêu điểm thật. Tiêu điểm phụ của thấu kính phân kì là tiêu điểm ảo.

3. Có vô số tiêu điểm phụ. Các tiêu điểm phụ đều nằm trên một mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm chính. Mặt phẳng đó gọi là *tiêu diện* của thấu kính. Mỗi thấu kính có hai tiêu diện nằm ở hai bên quang tâm.

IV - TIÊU CỰ VÀ ĐỘ TỤ CỦA THẤU KÍNH

1. Tiêu cự : khoảng cách từ quang tâm đến các tiêu điểm chính gọi là tiêu cự của thấu kính, và kí hiệu là f.

2. Độ tụ : Đại lượng đo bằng nghịch đảo của tiêu cự của thấu kính gọi là độ tụ của thấu kính, kí hiệu là D.

$$D = \frac{1}{f}$$

Đơn vị của độ tụ là điốp (với f đo bằng mét)

Người ta qui ước : Thấu kính hội tụ có tiêu cự dương và độ tụ dương : thấu kính phân kì có tiêu cự âm và độ tụ âm.

3. Đối với các thấu kính mỏng, ta có công thức tính độ tụ như sau :

$$D = \frac{1}{f} = (n - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Trong đó, n là chiết suất tỉ đối của chất làm thấu kính đối với môi trường trong đó đặt thấu kính. R_1 và R_2 là bán kính của hai mặt thấu kính. Người ta qui ước bán kính của mặt cầu lồi có giá trị dương, của mặt cầu lõm có giá trị âm, còn của mặt phẳng thì bằng vô cực. (Mặt cầu lồi là mặt có tâm nằm bên phía chất làm bằng thấu kính).

V - CÁCH VẼ ẢNH CỦA MỘT ĐIỂM SÁNG QUA THẤU KÍNH

1. Trường hợp điểm sáng nằm ngoài trục chính

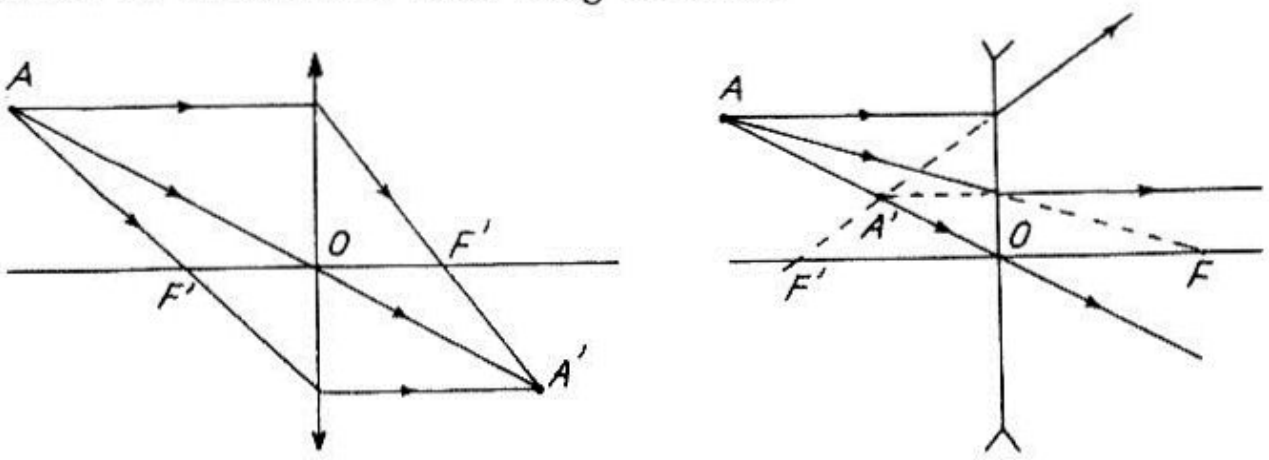
Muốn vẽ ảnh của điểm sáng ta chỉ cần vẽ đường đi của hai trong ba tia đặc biệt :

a) Tia sáng qua quang tâm. Tia này truyền thẳng.

b) Tia đi song song với trục chính. Tia này khi ló ra sẽ đi qua tiêu điểm ảnh F' (hoặc có đường kéo dài qua F').

c) Tia đi qua tiêu điểm vật F (hoặc có đường kéo dài qua F). Tia này ló ra sẽ đi song song với trục chính.

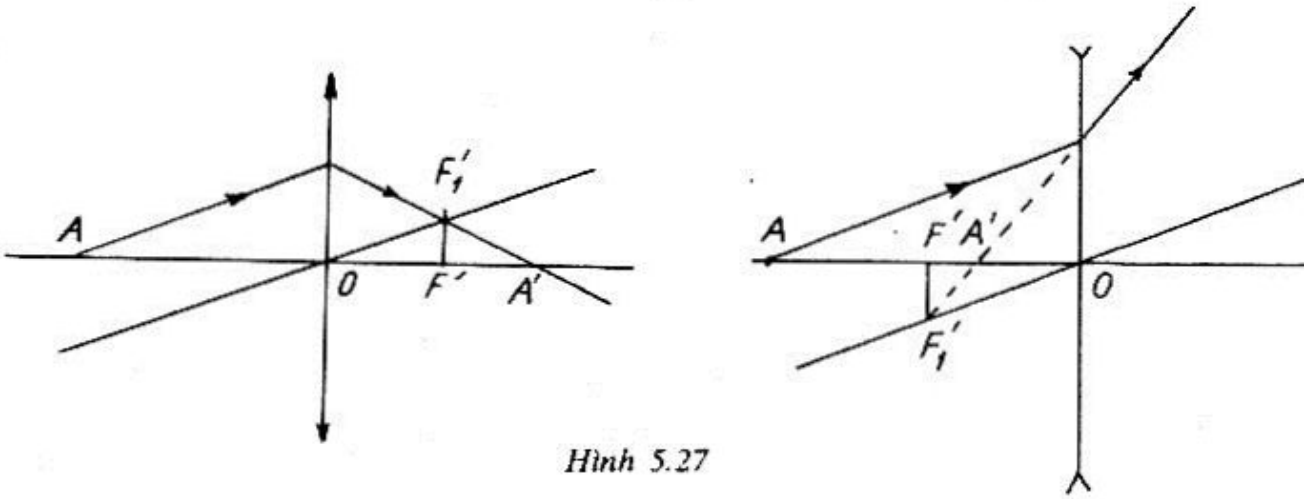
Các tia ló hoặc đường kéo dài của chúng cắt nhau ở một điểm. Điểm đó là ảnh của điểm sáng (H.5.26).



Hình 5.26

2. Trường hợp điểm sáng nằm trên trục chính

Trong trường hợp này ba tia đặc biệt chỉ là một tia trùng với trục chính. Muốn vẽ ảnh ta cần vẽ thêm đường đi của một tia tới không đặc biệt. Muốn thế, ta kẻ trục phụ song song với tia đó và xác định tiêu điểm phụ F'_1 rồi vẽ tia ló đi qua F'_1 (hoặc có đường kéo dài qua F'_1). Tia này (hoặc đường kéo dài của nó) cắt trục chính tại một điểm. Điểm đó là ảnh của điểm sáng (H.5.27).



Hình 5.27

VI - CÁCH VẼ ẢNH CỦA MỘT VẬT NHẬN XÉT VỀ ẢNH

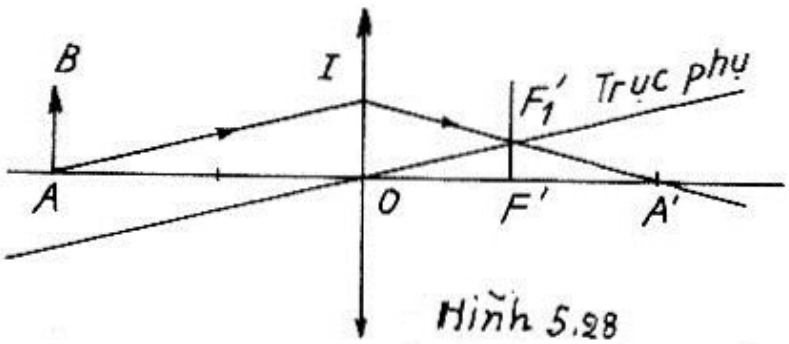
1. Ảnh của một vật là tập hợp các ảnh của các điểm trên vật.

2. Ta hãy chứng minh rằng nếu vật AB là mọt đoạn thẳng nhỏ vuông góc với trục chính thì ảnh A'B' của nó cũng là một đoạn thẳng nhỏ vuông góc với trục chính (Đề 54).

Trước hết ta hãy vẽ ảnh A' của điểm A (H.28). Trên hình vẽ ta có :

$$\frac{d'}{d} = \frac{A'F'_1}{F'_1I}$$

$$\frac{d'-f}{f} = \frac{A'F'_1}{F'_1I}$$



Hình 5.28

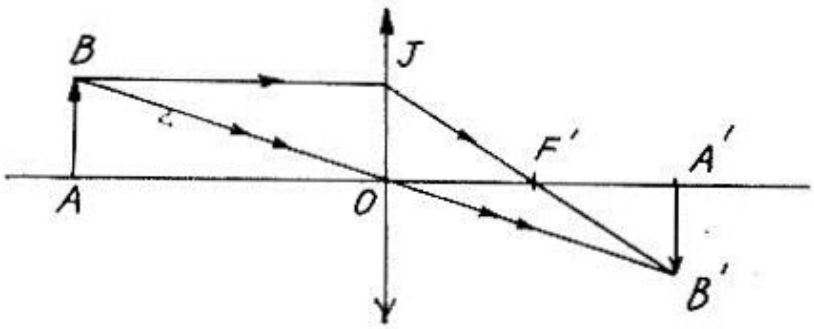
Suy ra : $\frac{d'}{d} = \frac{d'-f}{d}$ hay $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$ (1)

Bây giờ ta hãy dựng ảnh B' của B rồi hạ B'A'' vuông góc với trục chính (H. 5.29). Trên hình vẽ ta có :

$$\frac{d''}{d} = \frac{A''B'}{AB} \text{ và } \frac{d'' - f}{f} = \frac{A''B'}{OJ} = \frac{A''B'}{AB}$$

Do đó $$\frac{d''}{d} = \frac{d'' - f}{f} \text{ hay } \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d''} \qquad (2)$$

Từ (1) và (2) ta suy ra d'' = d' hay OA'' = OA'. Điểm A'' trùng với điểm A'. Vậy, ảnh A'B' cũng vuông góc với trục chính.



Hình 5.29

3. Như vậy, muốn vẽ ảnh A'B' của một vật phẳng, nhỏ, vuông góc với trục chính, ta chỉ cần vẽ ảnh B' của điểm B rồi hạ B'A' vuông góc với trục chính.

3. Các tính chất của ảnh

a) Đối với thấu kính phân kì thì ảnh của vật thật bao giờ cũng là ảnh ảo, cùng chiều với vật, nhỏ hơn vật và nằm trong khoảng từ quang tâm đến tiêu điểm ảnh của thấu kính.

b) Đối với thấu kính hội tụ thì có hai trường hợp.

- Nếu vật thật nằm ngoài khoảng từ quang tâm đến tiêu điểm vật thì ảnh là ảnh thật, ngược chiều với vật, nằm ngoài khoảng từ quang tâm đến tiêu điểm ảnh. Ảnh này có thể nhỏ hơn, bằng hoặc lớn hơn vật.

- Nếu vật nằm trong khoảng từ tiêu điểm vật đến quang tâm thì ảnh là ảnh ảo, cùng chiều với vật và lớn hơn vật. Ảnh này nằm trước thấu kính và nằm xa thấu kính hơn vật.

Ta có bảng sau đây :

Thấu kính	Vật	Ảnh
Thấu kính phân kì	Với mọi vật thật d > 0	ảnh ảo, cùng chiều với vật và nhỏ hơn vật. 0 < |d| < |f|
Thấu kính hội tụ	d > 2f	d' > 0 : ảnh thật, ngược chiều, nhỏ hơn vật
	d = 2f	d' = 2f : ảnh thật, ngược chiều, bằng vật
	f < d < 2f	Ảnh thật, ngược chiều, lớn hơn vật.
	d = f	d' = ∞ : ảnh ở vô cực
	d < f	d' < 0 : ảnh ảo, cùng chiều, lớn hơn vật

VI - CÔNG THỨC THẤU KÍNH

1. Qui ước về dấu

Vị trí tương đối của vật AB, ảnh A'B' và tiêu điểm chính F đối với quang tâm O của thấu kính được xác định bằng các đại lượng d = $\overline{AO}$, d' = $\overline{OA'}$ và = $\overline{OF'}$ với qui ước về dấu như sau :

+ d > 0 nếu là vật thật ; d < 0 nếu là vật ảo.

+ d' > 0 nếu là ảnh thật ; d' < 0 nếu là ảnh ảo.

+ f > 0 nếu tiêu điểm là tiêu điểm thật (thấu kính hội tụ) ;

f < 0 nếu tiêu điểm là tiêu điểm ảo (thấu kính phân kì).

+ nếu ảnh A'B' cùng chiều với vật AB thì $\overline{A'B'}$ và $\overline{AB}$ cùng dấu ; nếu ảnh A'B' ngược chiều với vật AB thì $\overline{A'B'}$ và $\overline{AB}$ ngược dấu.

2. Công thức thấu kính.

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$$

Công thức này áp dụng được cho mọi trường hợp tạo ảnh.

Để minh họa ta xét ba trường hợp sau đây (Đề 62) :

a) Vật thật đặt trước thấu kính hội tụ cho ảnh thật.

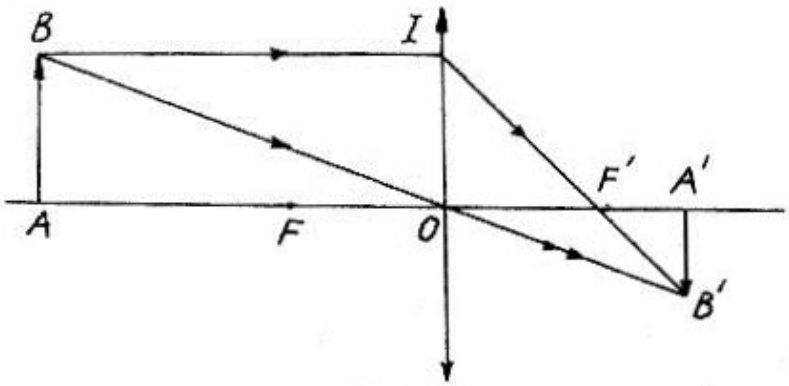
+ Quy ước về dấu :

$d = \overline{AO} > 0 \rightarrow OA = d$

$d' = \overline{OA'} > 0 \rightarrow OA' = d'$

$f = \overline{OF'} > 0 \rightarrow OF = OF' = f$

+ Xét hai tam giác đồng dạng OA'B' và OAB (H. 5.30), ta có :



Hình 5.30

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \quad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng FA'B' và FOI, ta có

$$\frac{F'A'}{OF} = \frac{A'B'}{OI} \rightarrow \frac{OA' - OF'}{OF'} = \frac{A'B'}{AB} \quad (2)$$

So sánh (1) với (2) ta được :

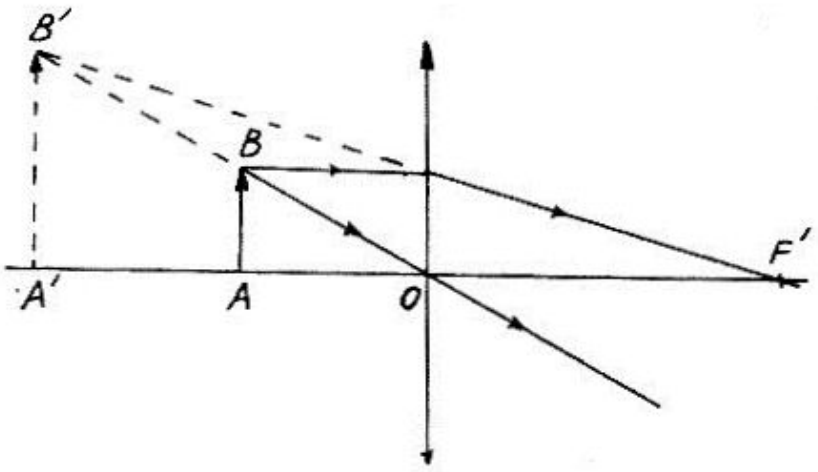
$$\frac{OA'}{OA} = \frac{OA' - OF'}{OF'}$$

hay $\frac{d'}{d} = \frac{d' - f}{d}$

Suy ra : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$

b) Vật thật đặt trước thấu kính hội tụ cho ảnh ảo

+ Quy ước về dấu :



Hình 5.31

$d = \overline{AO} > 0 \rightarrow OA = d$

$d' = \overline{OA'} < 0 \rightarrow OA' = -d'$

$f = \overline{OF'} > 0 \rightarrow OF = OF' = f$

+ Xét hai tam giác đồng dạng OAB và OA'B' (H. 5.31)

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng F'OI và F'A'B'

$$\frac{F'A'}{F'O} = \frac{A'B'}{OI} \rightarrow \frac{OF' + OA'}{OF'} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (2)$$

So sánh (1) với (2), ta được

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{OF' + OA'}{OF'} \text{ hay } \frac{-d'}{d} = \frac{f - d'}{f}$$

Suy ra : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$

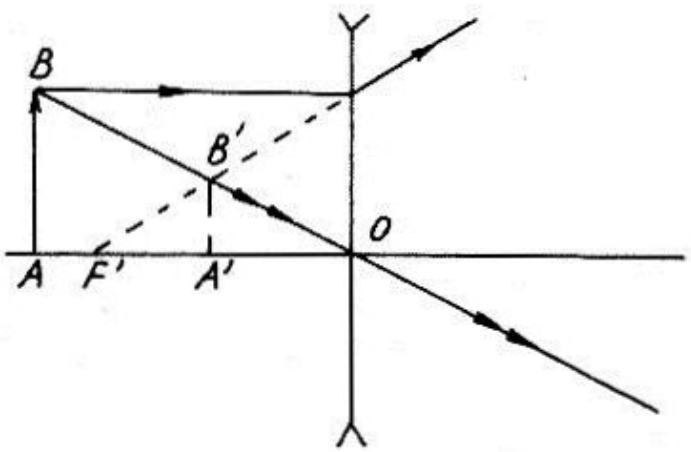
c) Vật thật đứng trước thấu kính phân kì cho ảnh ảo

+ Quy ước về dấu ;

$d = \overline{AO} > 0 \rightarrow OA = d$

$d' = \overline{OA'} < 0 \rightarrow OA = -d'$

$f = \overline{OF'} < 0 \rightarrow OF = OF' = -f$



Hình 5.32

+ Xét hai tam giác đồng dạng OAB và OA'B' (H. 5.32), ta có :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \quad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng F'OI và F'A'B', ta có :

$$\frac{F'A'}{OF'} = \frac{A'B'}{OI} \rightarrow \frac{OF' - OA'}{OF'} = \frac{A'B'}{AB} \qquad (2)$$

So sánh (1) và (2) ta được :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{OF - OA'}{OF'} \rightarrow \frac{-d'}{d} = \frac{-f + d'}{-f}$$

Suy ra : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$

3. Độ phóng đại của ảnh

a) Độ phóng đại của ảnh là tỉ số giữa chiều cao của ảnh với chiều cao của vật.

b) $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d}$

Nếu $k > 0$ thì A'B' cùng chiều với AB

$k < 0$ thì A'B' ngược chiều với AB.

Trị số tuyệt đối của k cho biết chiều cao tương đối của ảnh so với vật.

VII - PHÂN BIỆT MỘT THẤU KÍNH HỘI TỤ VỚI MỘT THẤU KÍNH PHÂN KÌ

1. Về mặt hình dạng : Nếu chiết suất của thấu kính $n > 1$ thì thấu kính hội tụ có rìa mỏng, còn thấu kính phân kì có rìa dày.

2. Về mặt tác dụng :

a) Chùm tia song song với trục chính khi qua thấu kính hội tụ trở thành chùm tia hội tụ tại một điểm trên trục chính ở sau thấu kính.

Chùm tia song song với trục chính khi qua thấu kính phân kì trở thành chùm phân kì. Đường kéo dài của các tia ló cắt trục chính tại một điểm ở trước thấu kính.

b) Các tiêu điểm của thấu kính hội tụ đều là tiêu điểm thật. Tiêu điểm vật nằm trước thấu kính, tiêu điểm ảnh nằm sau thấu kính. Các tiêu điểm của thấu kính phân kì đều là tiêu điểm ảo.

Tiêu điểm vật (ảo) nằm sau thấu kính, tiêu điểm ảnh (ảo) nằm trước thấu kính.

c) Vật thật đặt trước thấu kính hội tụ sẽ cho ảnh thật, ngược chiều nếu d > f. Nó cho ảnh ảo, cùng chiều nếu d < f. Ảnh ảo cho bởi thấu kính hội tụ thì lớn hơn vật và nằm xa thấu kính hơn vật.

Vật thật đặt trước thấu kính phân kì bao giờ cũng cho ảnh ảo cùng chiều, nhỏ hơn vật và nằm gần thấu kính hơn vật.

d) Thấu kính hội tụ có độ tụ dương, thấu kính phân kì có độ tụ âm.

VIII - SO SÁNH TÁC DỤNG TẠO ẢNH CỦA MỘT VẬT QUA MỘT THẤU KÍNH HỘI TỤ VÀ QUA MỘT GƯƠNG CẦU LÕM

a) Nếu vật nằm sát gương hoặc thấu kính, ta có ảnh ảo, bằng vật, cùng chiều với vật, nằm sát mặt gương hoặc thấu kính.

b) Nếu vật nằm trong khoảng tiêu cự, ta có ảnh ảo lớn hơn vật, cùng chiều với vật, nằm sau gương hoặc trước thấu kính.

c) Nếu vật nằm cách gương hoặc thấu kính một khoảng từ f đến 2f (f < d < 2f), ta có ảnh thật ngược chiều với vật, lớn hơn vật, nằm cách gương hoặc thấu kính một khoảng lớn hơn 2f (d' > 2f)

e) Nếu vật nằm cách gương hoặc thấu kính một khoảng cách đúng bằng 2f (d = 2f) thì ta có ảnh thật, ngược chiều với vật, bằng vật và cũng nằm cách gương hoặc thấu kính khoảng 2f (d' = 2f)

f) Nếu vật nằm cách gương hoặc thấu kính một khoảng lớn hơn 2f (d > 2f) thì ta có ảnh thật, ngược chiều với vật, nhỏ hơn vật, nằm cách gương hoặc thấu kính khoảng từ f đến 2f (f < d' < 2f)

g) Nếu vật ở rất xa, ta có ảnh thật, rất nhỏ, nằm tại tiêu điểm.

IX - PHÂN BIỆT THẤU KÍNH HỘI TỤ VÀ THẤU KÍNH PHÂN KÌ BẰNG THỦY TINH

1. Vì n > 1 nên thấu kính hội tụ có rìa mỏng, thấu kính phân kì có rìa dày.

2. Chùm tia sáng song song với trục chính khi qua thấu kính hội tụ thì trở thành chùm tia hội tụ tại một điểm trên trục chính ;

chùm tia sáng song song với trục chính khi qua thấu kính phân kì thì trở thành một chùm tia phân kì, đường kéo dài của các tia ló cắt trục chính tại một điểm ở trước thấu kính.

3. Các tiêu điểm của thấu kính hội tụ đều là các tiêu điểm thật : tiêu điểm vật nằm trước thấu kính, tiêu điểm ảnh nằm sau thấu kính. Các tiêu điểm của thấu kính phân kì đều là các tiêu điểm ảo. Tiêu điểm vật nằm sau thấu kính, tiêu điểm ảnh nằm trước thấu kính.

4. Vật thật đặt trước thấu kính hội tụ cho ảnh thật, ngược chiều vật, nếu vật nằm ngoài khoảng tiêu cự ứng với tiêu điểm vật ; vật cho ảnh ảo, cùng chiều vật, nếu vật nằm trong khoảng tiêu cự ứng với tiêu điểm vật. Ảnh ảo cho bởi thấu kính hội tụ thì lớn hơn vật và nằm xa thấu kính hơn vật.

Vật thật đặt trước thấu kính phân kì bao giờ cũng cho ảnh ảo, cùng chiều với vật, nhỏ hơn vật và nằm gần thấu kính hơn vật.

X - BA CÁCH ĐƠN GIẢN ĐO TIÊU CỰ CỦA MỘT THẤU KÍNH HỘI TỤ

Cách 1 : Đặt thấu kính hội tụ sao cho trục chính hướng về một vật ở rất xa (nóc nhà, ngọn cây, cột cờ...) di chuyển màn ảnh ở phía sau thấu kính cho tới vị trí thấy có ảnh rõ nét trên màn. Đo khoảng cách d' từ thấu kính đến màn. Khi đó ta có d' = f.

Cách 2 : Bố trí vật sáng (sợi tóc của một bóng đèn sáng chẳng hạn), thấu kính hội tụ và màn ảnh thẳng hàng dọc theo một thanh gỗ thẳng. Đặt vật cách thấu kính một đoạn là d, rồi di chuyển màn ảnh tới vị trí thấy có ảnh rõ nét trên màn. Đo khoảng cách d' từ thấu kính đến màn và đo khoảng cách d. Từ đó xác định được tiêu cự theo công thức $f = \frac{dd'}{d + d'}$

Cách 3 : Đặt thấu kính hội tụ ở chính giữa một thanh gỗ dài. Di chuyển đồng thời vật sáng và màn ảnh đặt đối xứng nhau qua thấu kính cho tới vị trí thu được ảnh rõ nét của vật sáng trên

màn ảnh. Điều chỉnh để có d = d' mà ảnh rõ nhất. Từ đó suy ra tiêu cự $f = \frac{d}{2}$.

Ta có nhận xét : cách 1 kém chính xác nhất vì vật ở rất xa nên độ rõ nét của ảnh thay đổi rất ít khi ta xê dịch màn ảnh quanh tiêu điểm ảnh một đoạn nhỏ.

Cách 3 chính xác hơn 2. Đó là vì ở cách 3 độ cao của ảnh bằng độ cao của vật. Nhờ đó mà ta xác định được vị trí của màn chính xác hơn. Đó là vị trí không những ảnh thu được là rõ nét nhất mà còn có độ cao bằng vật. Như vậy cách 3 hạn chế được sai lầm gây ra khi xác định độ rõ nét nhất của ảnh.

Bài 6

MÁY ẢNH - MẮT

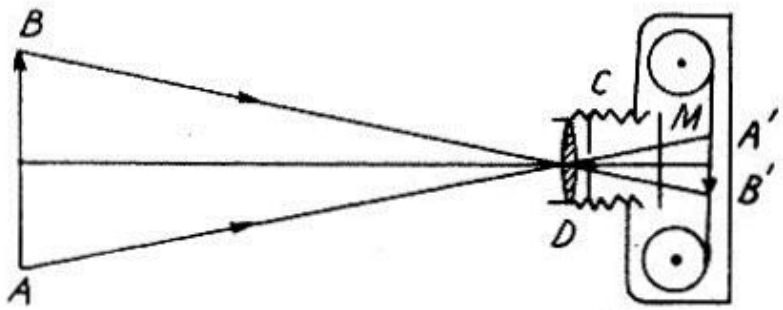
I - MÁY ẢNH

1. Máy ảnh là gì ?

Máy ảnh là một dụng cụ dùng để thu được một ảnh thật (nhỏ hơn vật) của vật cần chụp trên một phim ảnh.

2. Cấu tạo

Bộ phận chính của máy ảnh là một thấu kính hội tụ (hay một hệ thấu kính có độ tụ dương) gọi là *vật kính*. Ở các máy ảnh thông thường, vật kính có tiêu cự vào khoảng trên, dưới mười centimet.



Hình 6.1

Vật kính được lắp ở thành trước của một buồng tối, còn phim được lắp sát thành đối diện, bên trong buồng tối (H. 6.1)

Khoảng cách từ vật kính đến phim có thể thay đổi được.

Ở sát sau vật kính (hoặc xen giữa các thấu kính của vật kính) có một màn chắn, ở giữa có một lỗ tròn nhỏ mà đường kính có thể thay đổi được. Màn này dùng để điều chỉnh chùm sáng chiếu vào phim.

Ngoài ra còn một cửa sập M chắn trước phim không cho ánh sáng chiếu liên tục trên phim. Cửa này chỉ mở ra trong một khoảng thời gian rất ngắn mà ta chọn, khi ta bấm máy.

3. Cách điều chỉnh máy ảnh.

Để cho ảnh của vật cần chụp hiện rõ nét trên phim, người ta thay đổi khoảng cách d' giữa vật kính và phim, bằng cách đưa vật kính ra xa hoặc lại gần phim. Để nhận biết xem ảnh trên phim đã rõ nét hay chưa, người ta dùng một kính ngắm, có gắn sẵn trong máy.

Ngoài ra tùy theo ánh sáng mạnh hay yếu, người ta còn phải chọn một cách thích hợp thời gian chụp và độ mở của lỗ tròn trên màn chắn.

II - MẮT

1. Mắt là gì ?

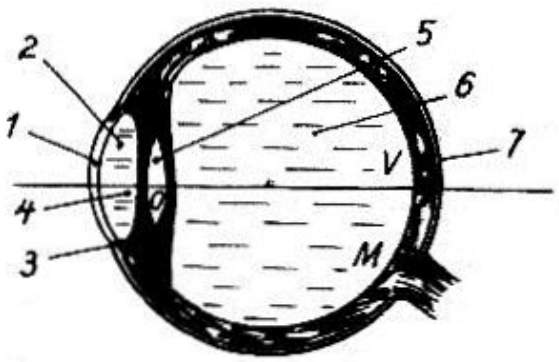
Về phương diện quang hình học, mắt giống như một máy ảnh. Nó có chức năng tạo ra một ảnh thật, nhỏ hơn vật, trên một lớp tế bào nhạy với ánh sáng, để từ đó tạo ra những tín hiệu thần kinh, đưa lên não. Tuy nhiên, hệ thống quang học của mắt phức tạp hơn hệ thống quang học của máy ảnh rất nhiều.

2. Cấu tạo của mắt về phương diện quang hình học.

Bộ phận chính của mắt là một thấu kính hội tụ, trong suốt, mềm, gọi là *thủy tinh thể* (5) (H. 6.2). Độ cong của hai mặt thủy tinh thể có thể thay đổi được nhờ sự co dãn của cơ vòng đỡ nó.

Đằng trước thủy tinh thể là một chất lỏng trong suốt, có chiết suất $n \approx 1{,}333$ gọi là *thủy dịch* (2).

Đằng sau thủy tinh thể cũng là một chất lỏng trong suốt khác, có chiết suất $n \approx 1{,}333$ gọi là *dịch thủy tinh* (6)



Hình 6.2

Mặt ngoài cùng của mắt là một màng mỏng trong suốt, cứng như sừng, gọi là *giác mạc* (1).

Thành trong của mắt, phần đối diện với thủy tinh thể, gọi là *võng mạc* (7). Nó đóng vai trò như một màn ảnh, tại đó có các tế bào nhạy sáng, nằm ở đầu các dây thần kinh thị giác.

Trên võng mạc, có một vùng nhỏ màu vàng, rất nhạy với ánh sáng, nằm gần giao điểm V của trục chính của mắt với võng mạc. Vùng này gọi là *điểm vàng*.

Dưới điểm vàng một chút có *điểm mù* M, là điểm hoàn toàn không nhạy sáng, vì tại đó có các dây thần kinh phân nhánh và không có đầu dây thần kinh thị giác.

Sát mặt trước của thủy tinh thể có một màng không trong suốt, màu đen (hoặc xanh hay nâu) gọi là *màng mống mắt* (hay lòng đen) (3).

Giữa màng mống mắt có một lỗ tròn nhỏ gọi là *con ngươi* (4). Tùy theo cường độ của chùm sáng tới là mạnh hay yếu mà con ngươi sẽ tự động khép nhỏ lại hay mở to ra để điều chỉnh chùm sáng chiếu vào võng mạc. Ở ngoài nắng, con ngươi thu nhỏ lại ; trong phòng tối, nó mở rộng ra.

Một đặc điểm rất quan trọng của thủy tinh thể là độ cong (và do đó tiêu cự) của thủy tinh thể có thể thay đổi được. Trong khi đó, khoảng cách từ quang tâm của thủy tinh thể đến võng mạc (d' = OV) lại luôn luôn không đổi (d' ≈ 2,2cm).

Đối với mắt không có tật, giá trị lớn nhất của tiêu cự của thủy tinh thể là

$$f_{max} = OV$$

3. Sự điều tiết - Điểm cực cận và điểm cực viễn

. Khi mắt nhìn thấy vật nào thì trên võng mạc hiện lên ảnh thật, ngược chiều và rất nhỏ của vật đó. Khi đưa vật đó lại gần (hoặc ra xa), muốn cho ảnh vẫn nằm trên võng mạc (d' không đổi) thì tiêu cự của thủy tinh thể sẽ phải giảm đi (hoặc tăng lên). Cơ

vòng đỡ thủy tinh thể sẽ phải co lại làm cho thủy tinh thể phồng lên (hoặc dãn ra làm cho thủy tinh thể dẹt lại).

Sự thay đổi độ cong của thủy tinh thể (và do đó, làm thay đổi độ tụ hay tiêu cự của nó) để làm cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ trên võng mạc gọi là sự điều tiết của mắt.

. Điểm xa nhất trên trục của mắt mà đặt vật tại đó, mắt còn có thể nhìn rõ được gọi là điểm cực viễn (C_v).

Đối với mắt không có tật, điểm cực viễn ở vô cực. Khi quan sát vật đặt ở điểm cực viễn, mắt không phải điều tiết. Độ tụ của thủy tinh thể nhỏ nhất và tiêu cự của nó lớn nhất. Lúc đó tiêu điểm của mắt không có tật nằm đúng trên võng mạc.

. Điểm gần mắt nhất, trên trục của mắt và đặt vật tại đó, mắt còn nhìn rõ được gọi là điểm cực cận (C_c).

Đối với những người trẻ tuổi mắt không có tật thì điểm cực cận cách mắt từ 10cm đến 20cm tùy từng người. Tuổi càng cao, khả năng điều tiết của mắt càng kém thì điểm cực cận càng lùi ra xa mắt.

Người ta quy ước lấy khoảng cách trung bình từ mắt đến điểm cực cận của mắt không có tật là Đ = 25cm.

4. Năng suất phân li của mắt

Năng suất phân li của mắt là góc trông nhỏ nhất α_{min} giữa hai điểm A và B mà mắt còn có thể phân biệt được hai điểm đó.

Lúc đó, hai ảnh A' và B' của A, B trên võng mạc nằm tại hai tế bào nhạy sáng cạnh nhau.

Năng suất phân li của mắt phụ thuộc vào từng con mắt. Nó vào cỡ 1 phút (góc).

5. So sánh con mắt với máy ảnh về phương diện quang hình học.

a) Về mặt chức năng, con mắt và máy ảnh đều có tác dụng tạo ra một ảnh thật nhỏ hơn vật rất nhiều.

b) Về cấu tạo, con mắt có nhiều bộ phận tương tự như các bộ phận của máy ảnh.

- Thủy tinh thể, bộ phận chính của mắt, tương tự như vật kính của máy ảnh.

- Võng mạc đóng vai trò như phim ảnh.

- Màng mống mắt (lòng đen) và lỗ con ngươi đóng vai trò như màn chắn có lỗ con ngươi của máy ảnh.

- Mi mắt đóng vai trò như cửa sập.

Tuy nhiên, về cấu tạo cũng có những điểm khác nhau quan trọng :

- Tiêu cự (hoặc độ tụ) của thủy tinh thể có thể thay đổi được, trong khi đó thì tiêu cự của vật kính máy ảnh thông thường là không thay đổi được.

- Khoảng cách từ thủy tinh thể đến võng mạc không thay đổi, còn khoảng cách từ vật kính đến phim lại thay đổi được.

Ngoài ra môi trường đằng trước và sau thủy tinh thể có chiết suất bằng chiết suất của nước (khoảng 1,333), còn môi trường đằng trước và sau vật kính là không khí.

c) Về nguyên tắc hoạt động (tức là sự điều tiết của mắt và sự điều chỉnh máy ảnh), trong sự điều tiết, độ tụ của thủy tinh thể thay đổi để cho ảnh của vật cần quan sát hiện trên võng mạc ; còn trong việc điều chỉnh máy ảnh, người ta thay đổi khoảng cách từ vật kính đến phim để làm cho ảnh của vật cần chụp hiện nét trên phim.

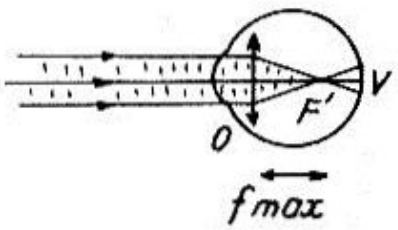
III. CÁC TẬT CỦA MẮT VÀ CÁCH SỬA

1. Cận thị

a) Mắt cận thị là mắt khi không điều tiết có tiêu điểm nằm trước võng mạc (H. 6.3). $f_{max} < OV$.

b) Điểm cực viễn (C_v) của mắt nằm cách mắt một khoảng không lớn (cỡ 2m trở lại, tùy thuộc vào mắt bị cận thị nhẹ hay nặng).

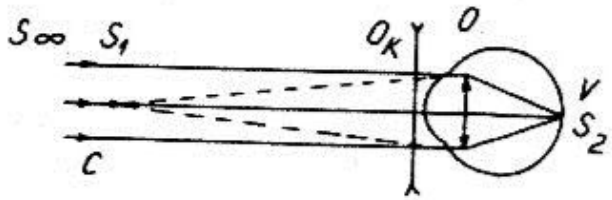
Khi nhìn vật đặt ở điểm cực viễn của mình, mắt cận thị cũng không phải điều tiết.



Hình 6.3

Điểm cực cận (C_c) của mắt cận ở rất gần mắt.

c) Sửa tật cận thị là làm cho mắt cận có thể nhìn rõ được những vật ở xa mà không phải điều tiết.



Hình 6.4

Muốn vậy, mắt cận thị phải đeo một thấu kính phân kì (coi như đặt sát mắt) sao cho ảnh của các vật ở vô cực qua kính sẽ hiện lên ở điểm cực viễn của mắt.

Độ dài của tiêu cự của kính đúng bằng khoảng cách từ quang tâm của mắt đến điểm cực viễn (H. 6.4).

$$f_k = -OC_v$$

2. Viễn thị

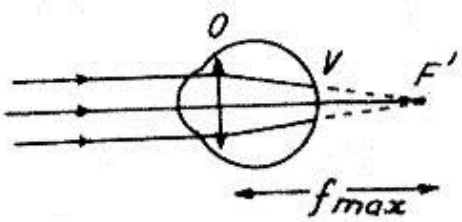
a) Mắt viễn thị là mắt khi không điều tiết có tiêu điểm nằm sau võng mạc (H. 6.5)

$$f_{max} > OV$$

b) Mắt viễn thị nhìn vật ở vô cực đã phải điều tiết.

Điểm cực cận C_c của mắt viễn nằm xa mắt hơn so với mắt không có tật.

$$OC_c > 25cm.$$



Hình 6.5

c) Để sửa tật viễn thị, có thể làm hai cách :

– Cho người viễn thị đeo thấu kính hội tụ có độ tụ thích hợp sao cho người đó có thể nhìn rõ vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

– Cho người viễn thị đeo thấu kính hội tụ có độ tụ thích hợp sao cho người đó có thể nhìn rõ những vật ở gần mắt như những người không có tật mắt (chẳng hạn nhìn rõ được vật gần nhất, cách mắt 25cm).

Bài 7

CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC BỔ TRỢ CHO MẮT

I - KÍNH LÚP

1. Định nghĩa : Kính lúp là một dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt trong việc quan sát các vật nhỏ. Nó có tác dụng làm tăng góc trông ảnh bằng cách tạo ra một ảnh ảo lớn hơn vật và nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

2. Cấu tạo và đặc điểm của kính lúp

Kính lúp đơn giản là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn.

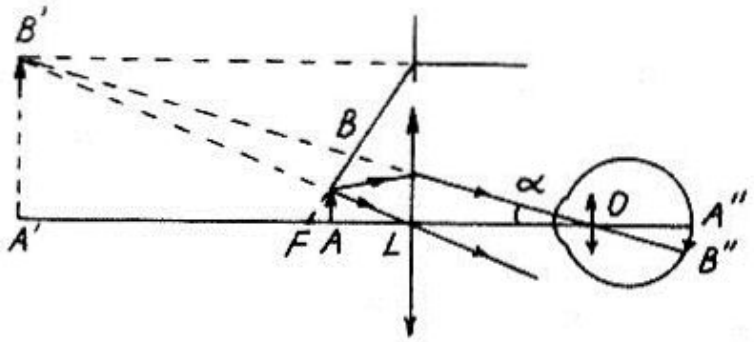
Vì độ bội giác của các kính lúp nằm trong khoảng từ 2,5 đến 25 nên tiêu cự của chúng nằm trong khoảng từ 10cm đến 1cm.

Tác dụng của kính lúp là tạo ra một ảnh ảo, cùng chiều và rất lớn so với vật.

3. Cách quan sát một vật nhỏ qua kính lúp. Ngắm chừng ở điểm cực cận và ngắm chừng ở vô cực

Muốn quan sát một vật nhỏ qua kính lúp, ta phải đặt vật đó trong khoảng từ tiêu điểm đến quang tâm của kính, để cho một ảnh ảo của vật đó. Phải điều chỉnh vị trí của vật hoặc kính để cho ảnh ảo này hiện trong giới hạn nhìn rõ của mắt (H. 6.6).

Nếu điều chỉnh để ảnh ảo nói trên hiện lên ở điểm cực cận thì cách quan sát này gọi là ngắm chừng ở điểm cực cận.



Hình 6.6

Nếu điều chỉnh để cho ảnh ảo này hiện lên ở vô cực

(tức là ở điểm cực viễn của mắt bình thường) thì cách quan sát này gọi là ngắm chừng ở vô cực).

4. Độ bội giác của kính lúp

a) *Định nghĩa :* Độ bội giác G của kính lúp là tỉ số giữa góc trông ảnh α của vật qua kính lúp với góc trông trực tiếp vật đó α_o khi vật đặt ở điểm cực cận của mắt.

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_o}$$

Vì các góc trông α và α_o đều nhỏ, nên người ta có thể lấy

$$G = \frac{tg\alpha}{tg\alpha_o}$$

b) *Biểu thức* tính độ bội giác của kính lúp :

$$tg\alpha_o = \frac{AB}{Đ}$$

với $Đ = OC_c \approx 25cm$.

$$tg\alpha = \frac{A'B'}{|d'| + l}$$

$|d'|$ là khoảng cách từ ảnh đến kính và l là khoảng cách từ kính đến mắt.

$$G = |k| \frac{Đ}{|d'| + l} \qquad (1)$$

k là độ phóng đại của ảnh.

- Khi ngắm chừng ở điểm cực cận :

$|d'| + l = Đ$; do đó $G_c = |k|$

- Khi ngắm chừng ở vô cực : $|d'| = \alpha$

$$|d'| \gg l \text{ nên } G_\infty = \frac{|k|Đ}{|d'|} = \frac{Đ}{d}$$

vì ở đây, $|k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \frac{|d'|}{d}$

Mặt khác, lúc đó vật nằm ở tiêu diện của kính :

d = f, vậy :

$$G_\infty = \frac{Đ}{f}$$

5. Phân biệt độ bội giác với độ phóng đại

a) Độ bội giác là tỉ số giữa hai góc trông (α và α_0) như đã nói ở trên ; độ phóng đại của ảnh là tỉ số giữa chiều cao của ảnh và chiều cao của vật.

b) Giữa độ bội giác và độ phóng đại của ảnh có liên hệ với nhau bằng công thức (1). Giá trị của độ bội giác nhìn chung khác giá trị của độ phóng đại : $G \neq k$.

Độ bội giác chỉ bằng độ phóng đại khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận.

c) Cả hai khái niệm đều liên quan đến kích thước tỉ đối của ảnh so với vật. Tuy nhiên độ phóng đại là một đại lượng khách quan còn độ bội giác là một khái niệm chủ quan. Độ bội giác phụ thuộc vào mắt người quan sát và cách quan sát.

Khái niệm độ bội giác mới liên quan đến cảm giác của người quan sát về sự lớn, nhỏ của ảnh. Khi ngắm chừng ở vô cực thì khái niệm độ bội giác vẫn còn giữa nguyên ý nghĩa trong khi đó khái niệm độ phóng đại của ảnh không còn ý nghĩa nữa.

II - KÍNH HIỂN VI

1. Định nghĩa

Kính hiển vi là một dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt, làm tăng góc trông ảnh của những vật rất nhỏ, có độ bội giác lớn hơn rất nhiều so với độ bội giác của kính lúp.

2. Cấu tạo và tác dụng của từng bộ phận

Kính hiển vi có hai bộ phận chính là vật kính và thị kính.

Vật kính O_1 là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn. Tác dụng của vật kính là tạo ra một ảnh thật rất lớn của vật cần quan sát.

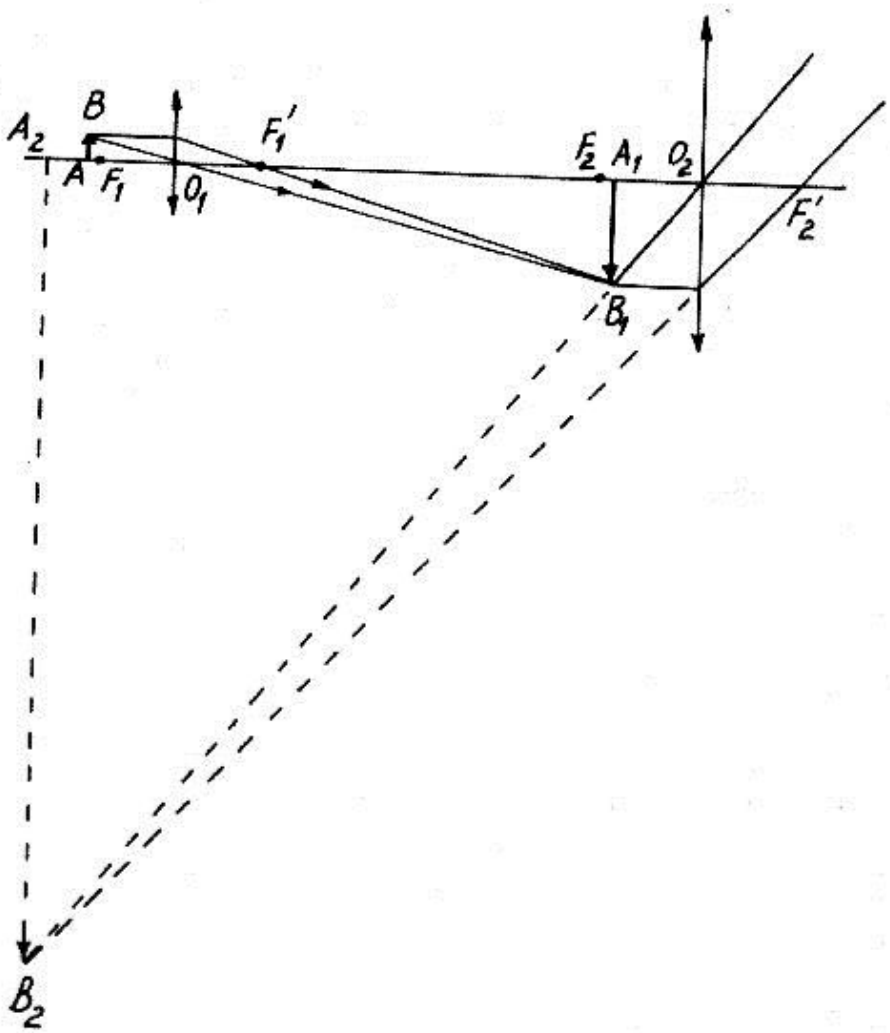
Thị kính O_2 cũng là một thấu kính hội tụ tiêu cự ngắn. Thị kính có tác dụng như một kính lúp dùng để quan sát ảnh thật nói trên.

Vật kính và thị kính được gắn ở hai đầu một ống hình trụ sao cho trục chính trùng nhau và khoảng cách giữa chúng không đổi.

Ngoài ra còn có bộ phận tụ sáng dùng để chiếu sáng vật cần quan sát. Bộ phận tụ sáng có thể đơn giản là một gương cầu lõm.

3. Cách quan sát một vật nhỏ qua kính hiển vi

Vật cần quan sát AB (thường là một tiêu bản) được đặt ngoài, nhưng rất gần tiêu điểm của vật kính. Qua vật kính, ta được một ảnh thật A_1B_1, lớn gấp k_1 lần vật.



Hình 6.7

Phải điều chỉnh khoảng cách giữa vật AB và vật kính O_1 sao cho ảnh A_1B_1 hiện lên trong khoảng từ tiêu điểm vật F_2 đến quang tâm của thị kính (H. 6.7).

Qua thị kính, ta có ảnh ảo cuối cùng A_2B_2 ngược chiều với vật AB.

Mắt được đặt sát sau thị kính để quan sát ảnh A_2B_2. Quang tâm của mắt coi như trùng với quang tâm O_2 của thị kính.

Để nhìn rõ được ảnh A_2B_2 người quan sát phải điều chỉnh kính sao cho ảnh A_2B_2 nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

Muốn điều chỉnh kính, người ta thay đổi khoảng cách d_1 giữa vật và vật kính, bằng cách đưa toàn bộ ống kính lên, xuống.

Khi đó, khoảng cách d'_2 từ ảnh cuối cùng A_2B_2 đến thị kính, tức là đến mắt cũng sẽ thay đổi.

Thông thường, để cho đỡ mỏi mắt, người ta thường điều chỉnh cho ảnh A_2B_2 ở vô cực, tức là ở điểm cực viễn của mắt thường (ngắm chừng ở vô cực). Khi đó ảnh A_1B_1 nằm ở tiêu điểm vật F_2 của thị kính.

4. Độ bội giác của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.

Độ bội giác của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chứng ở vô cực là tỉ số giữa góc trông α của ảnh cuối cùng A_2B_2 lúc ở vô cực và góc trông α_o của vật AB đặt ở điểm cực cận, cách mắt khoảng $OC_e = Đ$.

$$G_\infty = \frac{\alpha}{\alpha_o} \approx \frac{tg\alpha}{tg\alpha_o}$$

với :
$$tg\alpha_o = \frac{AB}{Đ}$$

$$tg\alpha = \frac{A_2B_2}{|d'_2|} = \frac{A_1B_1}{f_2}$$

Vậy
$$G_\infty = \frac{A_1B_1}{AB} \cdot \frac{Đ}{f_2} = |k_1| \cdot G_2$$

Độ bội giác G_∞ của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực bằng tích của độ phóng đại $|k_1|$ của ảnh A_1B_1 qua vật kính với độ bội giác G_2 của thị kính.

Mặt khác, ta lại có :

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{F_1A_1}{O_1F'_1} = \frac{F'_1F_2}{O_1F'_1} = \frac{\delta}{f_1}$$

với $\delta = F'_1F_2$ là khoảng cách từ tiêu điểm ảnh của vật kính đến tiêu điểm của thị kính và gọi là độ dài quang học của kính hiển vi.

Vậy, biểu thức khác độ bội giác là :

$$G_\infty = \frac{\delta \cdot Đ}{f_1 \cdot f_2}$$

III - KÍNH THIÊN VĂN

1. Định nghĩa

Kính thiên văn là dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt, làm tăng góc trông ảnh của những vật ở rất xa (các thiên thể).

2. Cấu tạo

Kính thiên văn có hai bộ phận cấu tạo chính là vật kính và thị kính.

Vật kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự dài. Vật kính có tác dụng tạo ra một ảnh thật của vật cần quan sát (ở rất xa) tại tiêu diện của nó. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Thị kính có tác dụng như một kính lúp, dùng để quan sát ảnh thật nói trên.

Hai kính được lắp ở hai đầu một ống hình trụ, trục chính trùng nhau. Khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi được.

3. Cách quan sát một thiên thể qua kính thiên văn

Hướng trục của kính qua thiên thể cần quan sát. Ta thu được một ảnh thật A_1B_1 rất nhỏ của vật, ở tiêu diện của vật kính.

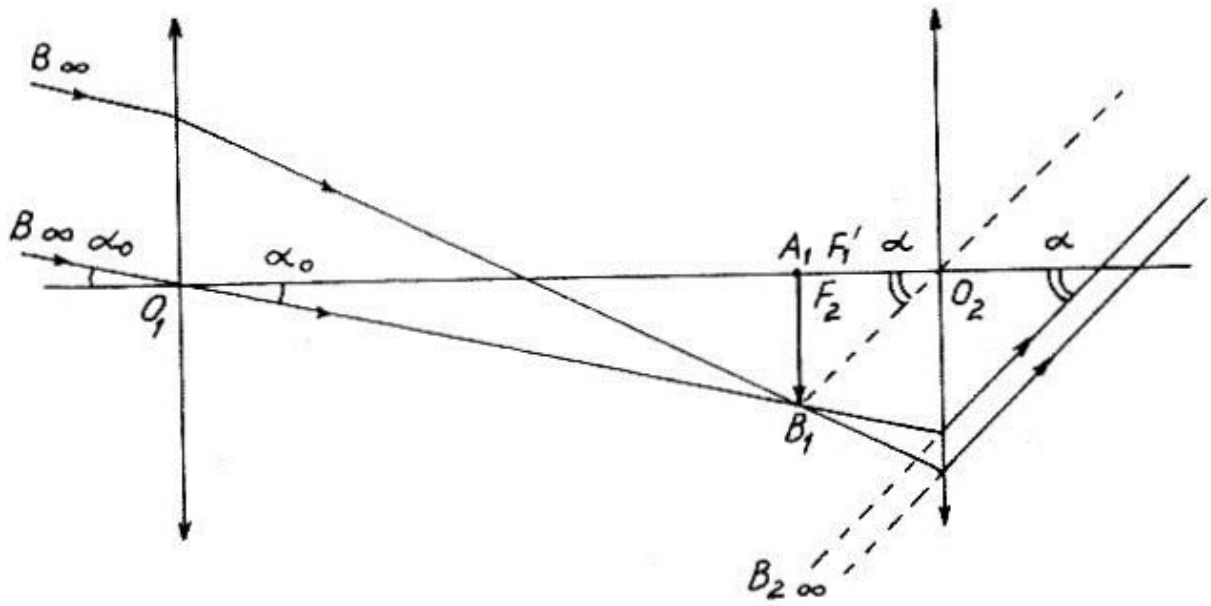
Phải điều chỉnh kính sao cho ảnh A_1B_1 nằm trong khoảng từ tiêu điểm vật đến quang tâm của thị kính. Qua thị kính, ta thu được ảnh ảo cuối cùng của A_2B_2 ngược chiều với vật AB.

Mắt người quan sát đặt sát sau thị kính để quan sát ảnh A_2B_2. Phải điều chỉnh kính sao cho ảnh A_2B_2 nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

Để điều chỉnh kính, người ta thay đổi khoảng cách từ thị kính đến vật kính.

Để cho đỡ mỏi mắt, người quan sát điều chỉnh để cho ảnh A_2B_2 hiện lên ở điểm cực viễn (tức là ở vô cực, đối với mắt bình thường). Đó là sự ngắm chừng ở vô cực.

Hình 6.8 vẽ đường đi của tia sáng qua kính thiên văn trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.



Hình 6.8

4. Độ bội giác của kính thiên văn là tỉ số giữa góc trông α ảnh A_2B_2 qua kính và góc trông α_o vật AB từ vị trí quan sát.

$$G_\infty = \frac{\alpha}{\alpha_o} = \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}\alpha_o}$$

Ta có :

$$tg\alpha_o = \frac{A_1B_1}{O_1F'_1} = \frac{A_1B_1}{f_1}$$

$$tg\alpha = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_2B_2}{f_2}$$

Vậy : $G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$

IV - ĐẶC ĐIỂM VỀ TIÊU CỰ VÀ TÁC DỤNG CỦA CÁC THẤU KÍNH : THỦY TINH THỂ CỦA MẮT ; KÍNH VIỄN THỊ, CẬN THỊ ; KÍNH LÚP ; VẬT KÍNH VÀ THỊ KÍNH CỦA KÍNH HIỂN VI, CỦA KÍNH THIÊN VĂN ; CÁC THẤU KÍNH TRONG MÁY QUANG PHỔ

Thấu kính hội tụ có độ tụ dương. Kính viễn thị thuộc loại này. Thấu kính phân kì có độ tụ âm. Kính cận thị thuộc loại này.

a) Thủy tinh thể của mắt là một thấu kính hội tụ có tiêu cự khoảng 2cm. Bán kính các mặt cong của thủy tinh thể, và do đó, tiêu cự của nó có thể thay đổi được. Thủy tinh thể có nhiệm vụ tạo ra một ảnh thật, nhỏ hơn vật trên võng mạc.

b) Kính viễn thị là một thấu kính hội tụ. Nó có nhiệm vụ tạo ra ảnh ảo của những vật nằm gần mắt, sao cho những ảnh này nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt viễn thị.

c) Kính lúp là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Nó có nhiệm vụ tạo ra một ảnh ảo rất lớn của vật nhỏ mà ta cần quan sát sao cho ảnh ảo này nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

d) Vật kính của kính hiển vi là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Nó có nhiệm vụ tạo ra một ảnh thật rất lớn của vật nhỏ cần quan sát.

e) Vật kính của kính thiên văn là một thấu kính hội tụ có tiêu cự dài. Nó có nhiệm vụ tạo ra tại tiêu diện của nó ảnh thật của vật ở rất xa mà ta cần quan sát.

f) Thị kính của kính hiển vi và của kính thiên văn là những thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Chúng được dùng như một kính lúp để quan sát ảnh thật của vật, do vật kính tạo ra.

g) Trong máy quang phổ có hai thấu kính hội tụ : thấu kính của ống chuẩn trực và thấu kính của buồng ảnh.

+ Thấu kính của ống chuẩn trực có nhiệm vụ biến chùm sáng từ khe máy quang phổ chiếu đến thành chùm tia song song.

+ Thấu kính ở buồng ảnh có nhiệm vụ tạo ra các ảnh thật, đơn sắc của khe máy quang phổ trên tiêu diện của nó, từ các chùm song song đơn sắc khác nhau do lăng kính phân ra.

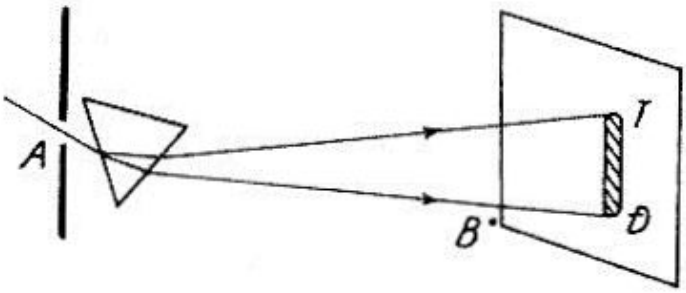
h) Kính cận thị là một thấu kính phân kì. Nó có nhiệm vụ tạo ra ảnh ảo của các vật ở xa mắt sao cho những ảnh này nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt cận thị.

Bài 8

SỰ TÁN SẮC ÁNH SÁNG

1. Hiện tượng tán sắc ánh sáng

a) Thí nghiệm Niutơn về hiện tượng tán sắc ánh sáng.



Hình 7.1

Dùng một màn chắn trên có khoét một khe hẹp A (H.7.1) để tách ra một chùm ánh sáng mặt trời có dạng một dải hẹp. Ánh sáng mặt trời là ánh sáng trắng. Cho dải sáng này chiếu vào một lăng kính có cạnh song song với khe A. Sau lăng kính đặt một màn ảnh B để hứng chùm sáng ló ra. Trên màn ảnh ta thấy có một dải có màu như ở cầu vồng từ đỏ đến tím. Các tia màu đỏ bị lệch ít nhất, các tia màu tím bị lệch nhiều nhất.

b) Như vậy khi đi qua lăng kính, chùm sáng trắng không những bị khúc xạ về phía đáy lăng kính mà còn bị tác ra thành nhiều chùm sáng có màu sắc khác nhau. Hiện tượng này là hiện tượng tán sắc ánh sáng.

c) Nguyên nhân của hiện tượng tán sắc ánh sáng.

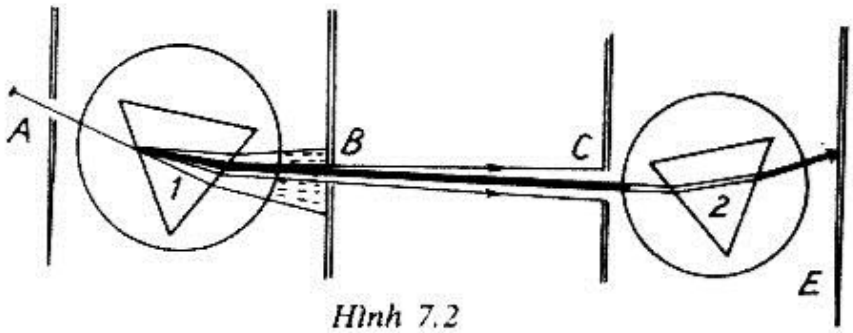
Chiết suất của một môi trường trong suốt nhất định đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau thì khác nhau, phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng đó.

Chiết suất của một môi trường trong suốt nhất định đối với các ánh sáng có bước sóng dài thì nhỏ hơn chiết suất của môi trường đó đối với các ánh sáng có bước sóng ngắn. Chẳng hạn, chiết suất đối với ánh sáng đỏ thì nhỏ nhất, và đối với ánh sáng tím thì lớn nhất. Nghĩa là chiết suất của môi trường phụ thuộc vào màu sắc ánh sáng.

2. Khái niệm về ánh sáng đơn sắc

a) Thí nghiệm về sự tách ánh sáng đơn sắc ra khỏi một chùm sáng trắng.

Ta bố trí thí nghiệm như ở hình 7.2.



Hình 7.2

Một chùm sáng trắng chiếu qua một khe hẹp A, khoét trên một màn chắn sáng, rồi rọi vào mặt bên của một lăng kính 1. Khe A song song với cạnh của lăng kính 1. Chùm tia sáng bị tán sắc và cho trên một màn chắn thứ hai một giải màu liên tục (quang phổ liên tục). Ở vị trí của một màu nào đó (màu lục chẳng hạn) có khoét một khe hẹp B. Chùm sáng màu lục qua khe B vẫn còn hơi phân kì. Ta cho nó đi qua một khe hẹp C, song song với khe B, khoét trên một màn chắn thứ ba. Chùm sáng qua khỏi khe C coi như hoàn toàn có màu lục. Cho chùm sáng này đi qua một lăng kính 2 rồi chắn chùm ló bằng một màn ảnh E. Trên màn ảnh ta thấy một vạch màu lục.

Như vậy, chùm sáng màu lục sau khi đi qua lăng kính vẫn là một chùm màu lục, tức là nó không bị tán sắc. Ta gọi chùm sáng đó là một chùm sáng đơn sắc.

Làm lại thí nghiệm này với các chùm sáng có màu khác, ta cũng có kết quả như vậy.

b) Định nghĩa ánh sáng đơn sắc

Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính. Mỗi ánh sáng đơn sắc có một màu nhất định gọi là một màu đơn sắc.

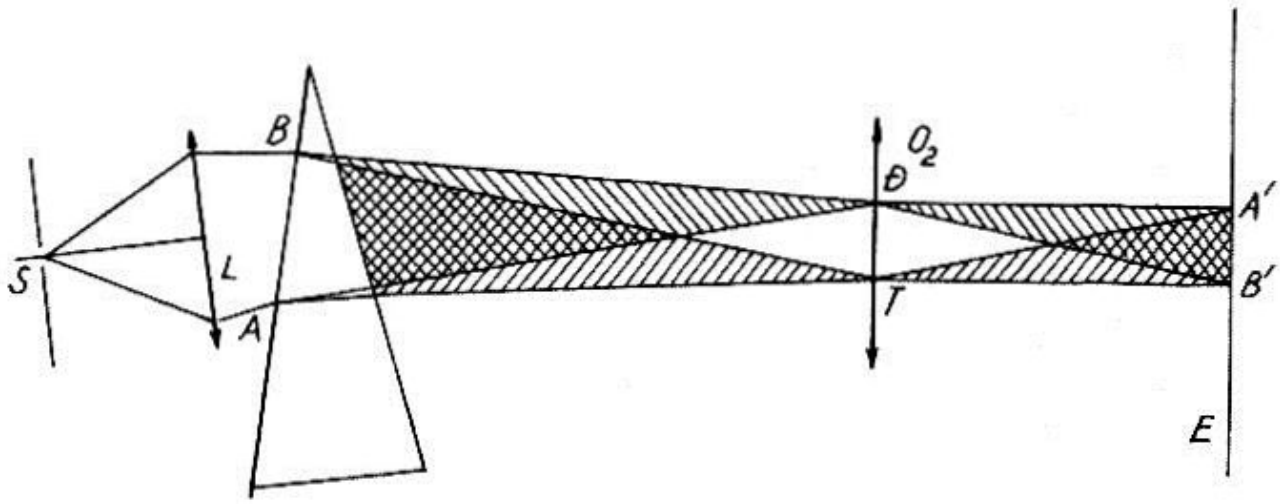
Khi đó bước sóng của các ánh sáng đơn sắc khác nhau ta thấy mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng xác định.

Vậy ta có định nghĩa khác về ánh sáng đơn sắc : ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một bước sóng xác định.

3. Khái niệm về ánh sáng trắng

a) Thí nghiệm về sự tổng hợp ánh sáng trắng :

Chiếm một chùm sáng trắng qua một lỗ tròn nhỏ nằm trên trục chính của một thấu kính hội tụ L, sao cho có một ảnh thật màu trắng (trên hình 7.3 ta không vẽ ảnh này). Dùng một lăng kính chắn chùm sáng trắng trước điểm hội tụ (tức là trước ảnh thật



Hình 7.3

nói trên). Chùm sáng sẽ bị tán sắc và cho một dải nhiều màu liên tục. Đặt một thấu kính hội tụ O_2 sao cho dải màu này nằm ngay trên mặt thấu kính. Di chuyển một màn ảnh E sau O_2, ta sẽ tìm được một vị trí của màn ảnh mà tại đó ta thấy có một vết sáng trắng trên màn. Vết sáng trắng này nằm ở vị trí ảnh của mặt lăng kính và là chỗ chồng chập của các chùm sáng đơn sắc khác nhau.

Thí nghiệm này cho phép ta kết luận : Nếu tổng hợp các ánh sáng đơn sắc khác nhau ta sẽ được ánh sáng trắng.

b) Định nghĩa ánh sáng trắng :

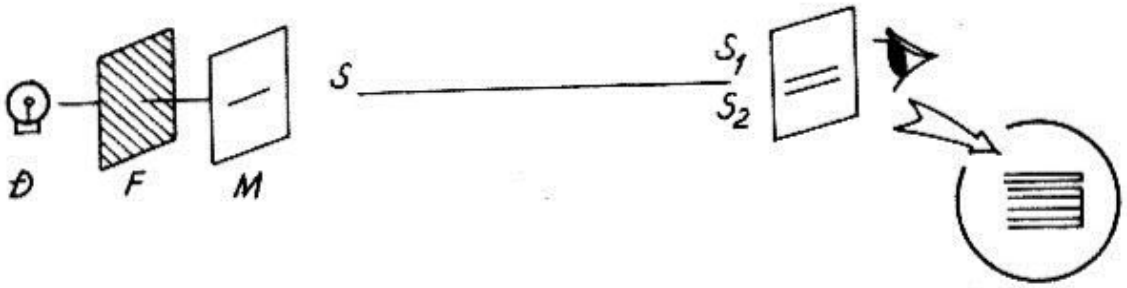
Ánh sáng trắng là tập hợp của vô số các ánh sáng đơn sắc khác nhau có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

Bài 9

SỰ GIAO THOA ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm lâng về hiện tượng giao thoa ánh sáng

a) Thí nghiệm : Một đèn Đ chiếu sáng một khe hẹp S nằm trên một màn chắn M (H.7.4). Ánh sáng của đèn được lọc qua một kính lọc sắc F (kính đỏ chẳng hạn). S trở thành một khe sáng đơn sắc.



Hình 7.4

Chùm sáng đơn sắc lọt qua khe S tiếp tục chiếu sáng hai khe hẹp S_1, S_2 nằm rất gần nhau trên một màn chắn thứ hai. Hai khe S_1, S_2 được bố trí song song với khe S.

Đặt mặt sau hai khe S_1, S_2 sao cho có thể hứng được đồng thời hai chùm sáng lọt qua hai khe đó vào mắt. Nếu điều tiết mắt để nhìn vào khe S, ta sẽ thấy có một vùng sáng hẹp trong đó xuất hiện những vạch sáng (đỏ) và những vạch tối (đen) xen kẽ nhau một cách đều đặn.

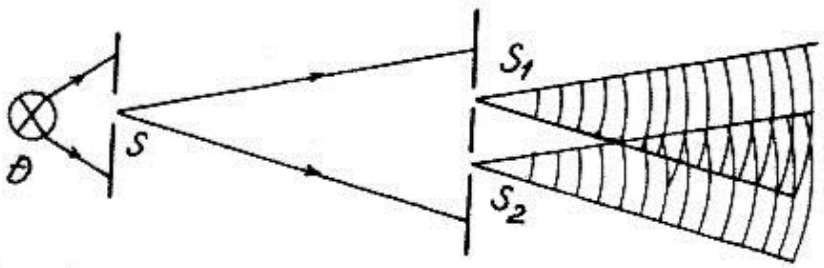
Nếu cùng ánh sáng trắng (bỏ kính lọc sắc F đi) ta sẽ thấy có một vạch sáng trắng ở chính giữa, hai bên có những dải màu như ở cầu vồng, tím ở trong, đỏ ở ngoài.

b) Giải thích hiện tượng

Hiện tượng xuất hiện những vạch tối trong vùng hai chùm sáng gặp nhau chỉ có thể giải thích được bằng sự giao thoa của hai sóng. Những chỗ tối ứng với chỗ hai sóng gặp nhau ngược pha với nhau, nên chúng triệt tiêu lẫn nhau. Còn những chỗ sáng là những chỗ hai sóng gặp nhau cùng pha với nhau và tăng cường lẫn nhau.

Vậy, ánh sáng phải là một loại sóng nào đó và hiện tượng mà ta quan sát được chính là hiện tượng giao thoa của hai sóng ánh sáng. Những vạch sáng, tối là những vân giao thoa : vân sáng và vân tối.

Hai sóng ánh sáng giao thoa với nhau trong thí nghiệm Iâng là hai song truyền đi từ hai khe S_1 và S_2 (H.7.5). Nếu dùng ánh sáng trắng thì hệ thống vân giao thoa của các sóng ánh sáng đơn sắc khác nhau sẽ không trùng khít với nhau.



Hình 7.5

Ở chính giữa, vân sáng của các ánh sáng đơn sắc khác nhau trùng với nhau cho một vân trắng gọi là vân trắng chính giữa. Ở hai bên vân trắng chính giữa, các vân sáng của các sóng ánh sáng đơn sắc khác nhau không trùng với nhau nữa. Chúng nằm kế sát bên nhau và cho những quang phổ có màu như ở cầu vồng.

Nếu dùng các kính lọc sắc có màu khác nhau, ta sẽ thấy khoảng cách giữa các vân đỏ là lớn nhất, sau đó đến da cam, vàng, lục, lam, chàm. Khoảng cách giữa các vân tím là ngắn nhất.

c) Sở dĩ hai sóng ánh sáng phát ra từ hai nguồn S_1, S_2 có thể giao thoa với nhau được vì hai nguồn sáng phát sóng này là hai nguồn kết hợp :

- Chúng được kích thích phát sáng bởi cùng nguồn S nên chúng phát ra hai sóng có cùng tần số.

- Khoảng cách từ S đến S_1 và S_2 hoàn toàn xác định nên dao động của S_1 và S_2 lệch pha với nhau một lượng không đổi.

Vậy hai nguồn sáng kết hợp là hai nguồn phát ra hai sóng ánh sáng có cùng bước sóng (hay tần số) và có độ lệch pha giữa chúng luôn luôn không đổi.

Sóng ánh sáng do hai nguồn S_1 và S_2 phát ra là hai sóng kết hợp.

Ngoài cách tạo ra hai sóng ánh sáng kết hợp bằng thí nghiệm Iâng, còn có nhiều cách tạo ra hai sóng ánh sáng kết hợp khác.

d) Tầm quan trọng của thí nghiệm giao thoa ánh sáng

Hiện tượng giao thoa ánh sáng là một bằng chứng thực nghiệm quan trọng khẳng định ánh sáng có tính chất sóng.

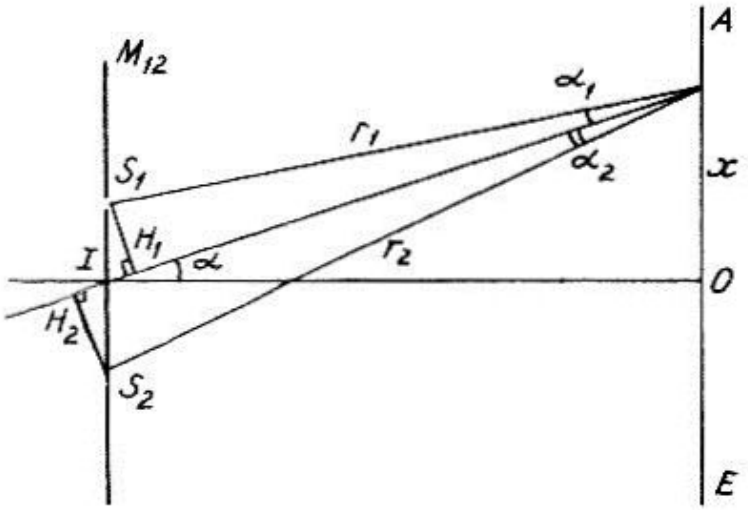
Căn cứ vào nhiều hiện tượng quang học quan trọng khác nữa và vào lí thuyết điện tử của Măcxoen, người ta đã chứng minh được một cách chắc chắn rằng ánh sáng là một loại sóng điện từ.

2. Phương pháp xác định bước sóng ánh sáng nhờ hiện tượng giao thoa ánh sáng trong thí nghiệm Iâng

a) Công thức tính khoảng vân

– Vị trí các vân sáng trên màn ảnh.

Giả sử ta hứng vân giao thoa trong thí nghiệm Iâng trên một màn ảnh E, đặt song song với màn chắn M_{12}. Vân giao thoa xuất hiện trên màn ảnh có dạng những đoạn thẳng sáng, tối, song song với hai khe S_1, S_2, nằm cách đều nhau. Lấy mặt phẳng vuông góc với hai khe S_1, S_2 và màn ảnh E làm mặt phẳng hình vẽ (H.7.6). Giả sử tại A có một vân sáng. Khi đó, các khoảng cách từ hai nguồn S_1 và S_2 thỏa mãn điều kiện :



Hình 7.6

$$S_2A - S_1A = k\lambda$$

hay

$$r_2 - r_1 = k\lambda$$

với $k = 0 ; \pm 1 ; \pm 2 ; \pm 3$ v.v...

Thực vậy, nếu hai nguồn S_1 và S_2 hoàn toàn giống nhau thì tại điểm nhà hiện đường đi từ S_1 và S_2 đến đó bằng một số nguyên lần bước sóng ánh sáng, hai sóng ánh sáng gặp nhau sẽ đồng pha với nhau và tăng cường lẫn nhau, tạo ra một điểm sáng.

Thực tế thì các góc α, α_1 và α_2 trên hình vẽ đó rất nhỏ, nên có thể coi cosin của các góc đó gần bằng 1 và sin của các góc đó bằng tang của chúng. Do đó, có thể tính dễ dàng biểu thức của hiệu đường đi :

$$r_2 - r_1 = a\frac{x}{D}$$

Với $a = S_1S_2$ là khoảng cách giữa hai nguồn ; $x = OA$ là khoảng cách từ vân sáng chính giữa đến vân mà ta xét ; còn $D = IO$ là khoảng cách từ hai khe đến màn ảnh.

Chú ý đến điều kiện (1), ta sẽ tìm công thức xác định vị trí vân sáng trên màn ảnh :

$$x = k\frac{\lambda D}{a} \qquad (2)$$

Tại điểm O, $k = 0$, ta có vân sáng chính giữa.

Với $k = \pm 1$, ta có vân sáng bậc 1.

Với $k = \pm 2$, ta có vân sáng bậc 2 v.v...

Xen giữa hai vân sáng cạnh nhau là một vân tối.

– Khoảng vân : Khoảng vân là khoảng giữa hai vân sáng (hoặc hai vân tối) cạnh nhau.

$$i = x_{k+1} - k_x = (k + 1)\frac{\lambda D}{a} - k\frac{\lambda D}{a}$$

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

b) Đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa. Người ta có thể đo khoảng cách D từ hai khe S_1, S_2 đến màn ảnh E với độ chính xác tới mm. Mặt khác, có thể sử dụng kính hiển vi và kính lúp để đo khoảng cách a giữa hai khe S_1, S_2 và khoảng vân i với độ chính xác khá cao.

Biết a, D và i, có thể tính được bước sóng λ của ánh sáng. Đó là nguyên tắc của việc đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa.

c) Liên hệ giữa màu sắc ánh sáng và bước sóng ánh sáng.

Do bước sóng của những ánh sáng đơn sắc khác nhau bằng phương pháp giao thoa, người ta thấy *mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng hoàn toàn xác định.*

Thí dụ : ánh sáng màu đỏ ở đầu của dải màu liên tục có bước sóng 0,760μm. Ánh sáng màu tím ở cuối của dải màu liên tục có được sóng 0,400μm.

Ánh sáng vàng do đèn hơi natri phát ra có bước sóng 0,589μm.

Màu của các ánh sáng đơn sắc gọi là màu đơn sắc hay màu quang phổ.

Ngoài các màu đơn sắc, còn có các màu không đơn sắc, là hỗn hợp của nhiều màu đơn sắc khác nhau với những tỉ lệ khác nhau.

Bài 10

QUANG PHỔ

I - MÁY QUANG PHỔ

1. Định nghĩa

Máy quang phổ là dụng cụ dùng để phân tích chùm sáng có nhiều thành phần những thành phần đơn sắc khác nhau. Nói khác đi, nó dùng để nhận biết các thành phần cấu tạo của một chùm sáng phức tạp do một nguồn sáng phát ra.

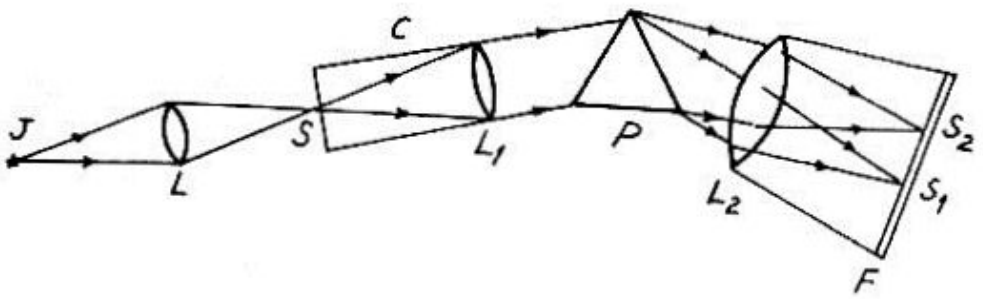
2. Cấu tạo. Máy quang phổ có ba bộ phận chính.

a) Ống chuẩn trực là bộ phận tạo ra chùm sáng song song. Nó có một khe hẹp S nằm ở tiêu diện của một thấu kính hội tụ L_1 (H.7.7). Chùm ánh sáng phát ra từ nguồn J mà ta cần nghiên cứu

được rọi vào khe S. Chùm sáng ló ra khỏi thấu kính L_1 là một chùm sáng song song.

b) Lăng kính P là bộ phận có tác dụng làm tán sắc chùm song song từ L_1 chiếu tới thành nhiều chùm sáng đơn sắc song song, lệch theo các hướng khác nhau.

c) Buồng ảnh gồm một thấu kính hội tụ L_2, đặt chắn các chùm sáng song song đơn sắc từ lăng kính P chiếu tới và một tấm kính ảnh F đặt tại tiêu diện của thấu kính L_2.



Hình 7.7

Thấu kính L_2 có tác dụng tạo ra các ảnh đơn sắc khác nhau S_1, S_2 v.v... của khe S trên kính ảnh. Mỗi ảnh có dạng một vạch màu gọi là vạch quang phổ.

Hệ thống các vạch quang phổ S_1, S_2 ... tạo thành quang phổ của nguồn sáng J.

Nếu không muốn chụp ảnh quang phổ, mà muốn quan sát quang phổ thì tại tiêu diện của thấu kính L_2, ta đặt một tấm kính mờ.

3. Quang phổ của một số nguồn sáng

a) Nếu nguồn sáng J phát ra một chùm sáng đơn sắc thì quang phổ của nó sẽ chỉ có một vạch màu.

b) Nếu nguồn sáng J phát ra một chùm sáng trắng thì quang phổ của nó là một dải màu liên tục có màu biến thiên liên tục theo thứ tự : đỏ – da cam – vàng – lục – lam – chàm – tím. Đó là quang phổ liên tục. Thực ra ngoài vùng ánh sáng nhìn thấy nói trên, quang phổ liên tục còn có thể kéo dài sang các miền hồng ngoại và tử ngoại.

c) Nếu nguồn sáng J là một đèn hơi hiđrô thì quang phổ của nó sẽ là quang phổ vạch gồm rất nhiều vạch nằm trong các vùng tử ngoại, nhìn thấy và hồng ngoại. Trong vùng ánh sáng nhìn thấy ta có một dãi 4 vạch màu : đỏ (H_α) ; lam (H_β) ; chàm (H_γ) và tím (H_δ). Đó là dãy Banme.

II - QUANG PHỔ LIÊN TỤC PHÁT XẠ

1. Định nghĩa - Quang phổ liên tục là một dải sáng có màu biến đổi liên tục từ đỏ đến tím.

2. Nguồn phát ra quang phổ liên tục

Quang phổ liên tục là quang phổ của ánh sáng trắng. Vì vậy, các nguồn phát ra ánh sáng trắng đều là các nguồn phát ra quang phổ liên tục.

Các vật rắn, lỏng hoặc khí có tỉ khối lớn khi bị nung nóng sẽ phát ra quang phổ liên tục. Mặt Trời là một khối khí có tỉ khối lớn phát sáng. Quang phổ của ánh sáng do Mặt Trời (gọi là quang cầu) phát ra làm quang phổ liên tục.

3. Đặc điểm của quang phổ liên tục

Đặc điểm quan trọng của quang phổ liên tục là sự phân bố độ sáng của các vùng màu khác nhau trong quang phổ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn sáng.

Ở nhiệt độ 500°C, vật bắt đầu phát sáng ở vùng ánh sáng đỏ, nhưng rất yếu, nên mắt chưa cảm nhận được và vật vẫn tối.

Nhiệt độ càng cao, miền phát sáng của vật càng mở rộng về phía ánh sáng có bước sóng ngắn của quang phổ liên tục.

Các dây tóc của các bóng đèn có nhiệt độ từ 2500K đến 3000K, nên chúng phát sáng khá mạnh ở vùng ánh sáng nhìn thấy và cho một quang phổ liên tục có đủ màu sắc từ đỏ đến tím. Ánh sáng của các đèn này là ánh sáng trắng.

Màu sắc của ánh sáng tổng hợp do các vật nóng sáng phát ra phụ thuộc vào nhiệt độ của vật. Trên bầu trời, các ngôi sao sáng xanh sẽ có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của các ngôi sao vàng hoặc đỏ.

4. Ứng dụng của quang phổ liên tục

Người ta lợi dụng sự phụ thuộc của quang phổ liên tục của các vật sáng vào nhiệt độ của chúng để đo nhiệt độ của các vật nóng sáng ở nhiệt độ cao (dây tóc bóng đèn, hồ quang, lò cao) và các vật nóng sáng ở xa (Mặt Trời, các sao...).

Muốn đo nhiệt độ của một vật bị nung nóng sáng, người ta so sánh độ sáng của vật đó ở một vùng bước sóng nào đó (thường là đỏ) với độ sáng của một dây tóc bóng đèn, ở cùng vùng bước sóng đó. Nhiệt độ của dây tóc bóng đèn ứng với những độ sáng khác nhau đã hoàn toàn biết trước.

III - QUANG PHỔ VẠCH PHÁT XẠ

1. Định nghĩa. Quang phổ vạch phát xạ là một hệ thống những vạch màu riêng rẽ nằm trên một nền tối.

2. Nguồn phát quang phổ vạch phát xạ

Quang phổ vạch phát xạ là quang phổ của ánh sáng do các khí hay hơi ở áp suất thấp bị kích thích phát sáng, phát ra. Có thể kích thích cho một đám khí phát sáng bằng cách đốt nóng hoặc bằng cách phóng một tia lửa điện qua đám khí hay hơi đó v.v...

Như vậy, nguồn phát ra quang phổ vạch có thể là một hồ quang hay một tia lửa điện phóng giữa hai điện cực hoặc là một đèn khí phóng điện như đèn natri, đèn hiđrô, đèn thủy ngân, đèn nêon v.v...

3. Đặc điểm của quang phổ vạch phát xạ

Mỗi nguyên tố hóa học ở trạng thái khí hay hơi nóng sáng dưới áp suất thấp chỉ phát ra những ánh sáng (bức xạ) có bước sóng xác định, cho ta một quang phổ vạch riêng, đặc trưng cho nguyên tố đó.

Quang phổ vạch phát xạ của các nguyên tố khác nhau thì rất khác nhau về số lượng các vạch quang phổ, màu sắc tức là về vị trí các vạch và về độ sáng tỉ đối giữa các vạch đó.

Thí dụ : quang phổ của hơi natri có hai vạch vàng rất sáng nằm sát cạnh nhua (vạch kép) ứng với các bước sóng 0,5890μm và 0,5896μm. Quang phổ của hiđrô có hệ thống bốn vạch đặc trưng là : vạch đỏ H_α (λ = 0,6563μm) ; vạch lam H_β (λ = 0,4861μm) vạch chàm H_γ (λ = 0,4340μm) và vạch tím H_δ (λ = 0,4102μm).

4. Ứng dụng của quang phổ vạch phát xạ

Quang phổ vạch phát xạ được ứng dụng trong phép phân tích quang phổ để nhận biết sự có mặt của các nguyên tố hóa học trong một hỗn hợp hoặc hợp chất và cả nồng độ của nguyên tố đó trong mẫu cần phân tích.

IV - QUANG PHỔ VẠCH HẤP THỤ

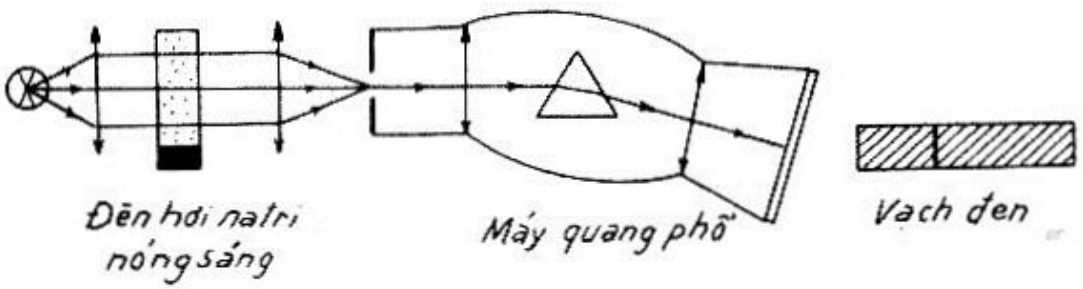
1. Định nghĩa

Quang phổ vạch hấp thụ của một nguyên tố là một hệ thống những vạch tối nằm trên nền một quang phổ liên tục.

Những vạch đó ứng với những ánh sáng đơn sắc mà đám khí hay hơi của nguyên tố đó đã hấp thụ được trong một chùm sáng trắng.

2. Thí nghiệm thu quang phổ hấp thụ và điều kiện để có quang phổ hấp thụ

Chiếu một chùm sáng trắng do một ngọn đèn có dây tóc nóng sáng phát ra vào khe của một máy quang phổ (H.7.8), ta thu được một quang phổ liên tục trên tấm kính của buồng ảnh. Nếu trên đường đi của chùm sáng ta đặt một ngọn đèn có hơi natri nung nóng thì trong quang phổ liên tục nói trên xuất hiện một vạch tối (thực ra là hai vạch tối nằm sát cạnh nhau) ở đúng vị trí của vạch vàng trong quang phổ vạch phát xạ của natri.



Hình 7.8

Nếu thay hơi natri bằng hơi kali thì trên quang phổ liên tục xuất hiện những vạch tối ở đúng chỗ những vạch màu của quang phổ phát xạ của kali. Đó là quang phổ hấp thụ của kali.

Điều kiện để thu được quang phổ hấp thụ là nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục.

Quang phổ của Mặt Trời mà ta thu được trên Trái Đất là quang phổ hấp thụ. Mặt trời (quang cầu) là một khối khí có tỉ khối lớn phát sáng ở nhiệt độ 6000K, phát ra quang phổ liên tục. Ánh sáng từ Mặt Trời phát ra đi qua lớp khí quyển có nhiệt độ thấp hơn nhiều ở xung quanh Mặt Trời nên khi đến Trái Đất nó cho ta quang phổ hấp thụ của khí quyển đó.

3. Hiện tượng đảo sắc của các vạch quang phổ

Nếu nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ khá cao, tuy vẫn thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng trắng, thì khi nguồn sáng trắng bị tắt đi, những vạch tối trong quang phổ hấp thụ của đám khí hay hơi đó sẽ biến thành các vạch màu (sáng) và quang phổ hấp thụ biến thành quang phổ vạch phát xạ. Đó là hiện tượng đảo sắc của các vạch quang phổ.

Hiện tượng đảo sắc cho thấy : ở một nhiệt độ nhất định, một đám hơi có khả năng phát ra những ánh sáng đơn sắc nào thì nó cũng có khả năng hấp thụ những ánh sáng đơn sắc đó.

4. Ứng dụng của quang phổ vạch hấp thụ

Quang phổ hấp thụ của mỗi nguyên tố cũng có tính chất đặc trưng riêng cho nguyên tố đó. Vì vậy, cũng có thể căn cứ vào quang phổ vạch hấp thụ để nhận biết sự có mặt của một nguyên tố trong các hỗn hợp hay hợp chất.

V - PHÉP PHÂN TÍCH QUANG PHỔ VÀ NHỮNG TIỆN LỢI CỦA PHÉP PHÂN TÍCH QUANG PHỔ

1. Phép phân tích thành phần cấu tạo của các chất dựa vào việc nghiên cứu quang phổ gọi là phép phân tích quang phổ.

2. Phép phân tích quang phổ có một số tiện lợi nổi bật sau đây :

+ Phép phân tích quang phổ giúp ta không những trong việc phân tích định tính mà cả trong việc phân tích định lượng.

+ Trong phép phân tích định tính, người ta chỉ cần biết sự có mặt của các thành phần khác nhau trong mẫu cần nghiên cứu. Phép phân tích quang phổ định tính thì đơn giản và cho kết quả nhanh hơn các phép phân tích hóa học.

+ Trong phép phân tích định lượng, người ta cần biết cả nồng độ của các thành phần trong mẫu. Phép phân tích quang phổ định lượng hết sức nhạy. Người ta có thể phát hiện được một nồng độ rất nhỏ của chất trong mẫu.

+ Ngoài ra, nhờ phép phân tích quang phổ mà người ta còn biết được cả thành phần cấu tạo và nhiệt độ của các vật ở xa như Mặt Trời và các sao.

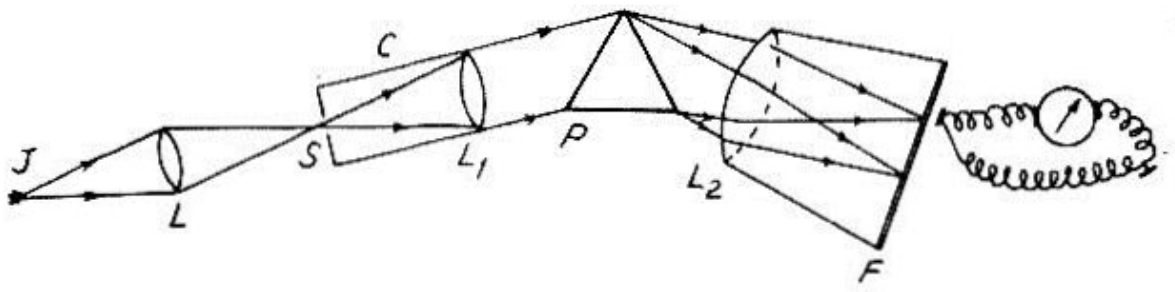
Bài 11

CÁC LOẠI TIA

I - TIA HỒNG NGOẠI

1. Thí nghiệm phát hiện tia hồng ngoại

Chiếu ánh sáng của một hồ quang J vào khe của một máy quang phổ. Trên tiêu diện của thấu kính buồng ảnh L_2 sẽ xuất hiện một quang phổ liên tục. Đặt một màn chắn F, trên có khoét một khe hẹp tại tiêu diện đó, sao cho có thể tách ra được một thành phần đơn sắc nhất định (H.7.9). Chùm sáng đơn sắc này được chiếu vào một mối hàn của một pin nhiệt điện nhạy. Mối hàn kia giữ ở nhiệt độ nhất định.



Hình 7.9

Ta thấy điện kế G trong mạch của pin nhiệt điện chỉ một dòng điện nhất định. Điều đó chứng tỏ chùm sáng đơn sắc nói trên đã có tác dụng nhiệt, làm nóng mối hàn của pin nhiệt điện.

Xê dịch màn chắn sao cho khe F quét hết quang phổ liên tục, từ đầu đỏ đến đầu tím, ta thấy kim điện kế luôn luôn bị lệch, tuy số chỉ của điện kế có thay đổi. Như vậy, tất cả các ánh sáng đơn sắc đều có tác dụng nhiệt, tuy tác dụng này có chỗ mạnh, chỗ yếu.

Nếu di chuyển khe F và mối hàn của pin nhiệt điện ra ngoài vùng quang phổ liên tục, vượt ra khỏi đầu đỏ, ta thấy điện kế vẫn chỉ một dòng điện. Điều đó chứng tỏ ở ngoài vùng đỏ vẫn còn có một loại ánh sáng nào đó, không nhìn thấy được, nhưng có tác dụng nhiệt. Người ta gọi ánh sáng đó là tia hồng ngoại hay bức xạ hồng ngoại.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm và lí thuyết cho thấy tia hồng ngoại là một loại sóng điện từ có bước sóng dài hơn bước sóng của ánh sáng đỏ, nhưng ngắn hơn bước sóng của các sóng vô tuyến.

2. Định nghĩa. Tia hồng ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ và nhỏ hơn bước sóng của sóng vô tuyến. Tia hồng ngoại là những sóng điện từ có bước sóng nằm trong khoảng từ 0,75μm đến dưới một milimét.

3. Nguồn phát tia hồng ngoại

Các vật bị nung nóng đều phát ra tia hồng ngoại.

Vật có nhiệt độ thấp chỉ phát ra được các tia hồng ngoại.

Vật có nhiệt độ 500°C bắt đầu phát ra ánh sáng màu đỏ tối, nhưng mạnh nhất vẫn là các tia hồng ngoại.

Ở nhiệt độ vài nghìn độ, vật phát ra ánh sáng trắng, nhưng thành phần hồng ngoại vẫn chiếm một tỉ lệ lớn.

Nguồn phát tia hồng ngoại thông dụng là các bóng đèn có dây tóc bằng vonfram nóng sáng ở nhiệt độ 2000°C và có công suất từ 250W đến 1000W.

4. Các tác dụng của tia hồng ngoại

a) Tác dụng nổi bật nhất của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt : tia hồng ngoại chiếu vào các vật, sẽ làm cho các vật đó nóng lên.

b) Ngoài ra, tia hồng ngoại cũng có tác dụng lên một loại kính ảnh đặc biệt gọi là kính ảnh hồng ngoại.

c) Tác dụng quang điện : Vì phôtôn của các tia hồng ngoại có năng lượng rất nhỏ, nên nó chỉ có khả năng gây ra hiện tượng quang điện trong, ở một số chất bán dẫn và không có khả năng gây ra hiện tượng quang điện ngoài ở các kim loại.

Thí dụ tia hồng ngoại có khả năng gây ra hiện tượng quang điện trong ở chất bán dẫn có giới hạn quang điện 0,84μm, nhưng không có khả năng gây ra hiện tượng quang điện ngoài ở các kim loại có giới hạn quang điện là 0,5μm và 0,36μm.

5. Những ứng dụng của tia hồng ngoại

- Ứng dụng quan trọng nhất của các tia hồng ngoại là dùng để sấy hoặc sưởi (trong công nghiệp, trong y học v.v...).

- Ngoài ra, trong khoa học, người ta thường dùng quang phổ tia hồng ngoại để nghiên cứu các phân tử v.v...

- Trong ngành công an, quân đội, tia hồng ngoại để nhìn trong đêm tối mà không phải chiếu đèn pha dễ bị lộ.

II - TIA TỬ NGOẠI

1. Thí nghiệm phát hiện tia tử ngoại

Làm thí nghiệm như thí nghiệm phát hiện tia hồng ngoại, nhưng ta dịch chuyển khe F và mối hàn của pin nhiệt điện vượt ra ngoài vùng tím của quang phổ liên tục.

Điện kế của pin nhiệt điện vẫn cho thấy có một dòng nhiệt điện. Vậy ở ngoài vùng tím vẫn có một loại ánh sáng không nhìn thấy được, có tác dụng nhiệt. Ta gọi ánh sáng đó là tia tử ngoại hoặc bức xạ tử ngoại.

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm và lí thuyết cho thấy tia tử ngoại là một loại sóng điện từ có bước sóng ngắn hơn bước sóng của tia tím.

2. Định nghĩa. Tia tử ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím. Tia tử ngoại là các sóng điện từ có bước sóng trong khoảng từ 10^{-9}m đến $0,40.10^{-6}$m.

3. Nguồn phát tia tử ngoại

Những vật nung nóng trên 3000°C phát xạ khá mạnh các tia tử ngoại.

Nguồn phát tia tử ngoại thông thường là các hồ quang. Người ta cũng hay dùng các đèn hơi thủy ngân làm nguồn phát các tia tử ngoại.

4. Các tính chất và tác dụng của tia tử ngoại

Vì phôtôn tia tử ngoại có năng lượng lớn, nên tia tử ngoại có khả năng gây ra nhiều tác dụng đặc biệt :

a) Tia tử ngoại có tác dụng rất mạnh lên các kính ảnh.

b) Tia tử ngoại làm cho nhiều chất phát quang.

c) Tia tử ngoại có tác dụng iôn hóa không khí.

d) Tác dụng quang điện : Tia tử ngoại dễ dàng gây ra các hiện tượng quang điện ngoài và bên trong ở nhiều kim loại và các chất bán dẫn.

e) Tia tử ngoại có khả năng gây ra một số phản ứng quang hóa, phản ứng quang hợp.

f) Tia tử ngoại cũng có tác dụng nhiệt rất mạnh.

g) Ngoài ra, tia tử ngoại còn có một số tác dụng sinh học.

5. Những ứng dụng của tia tử ngoại

a) Người ta sử dụng tác dụng gây phát quang của tia tử ngoại để phát hiện các vết nứt, vết xước trên bề mặt các sản phẩm đúc, tiện.

b) Trong y học, người ta chiếu tia tử ngoại để chữa bệnh còi xương.

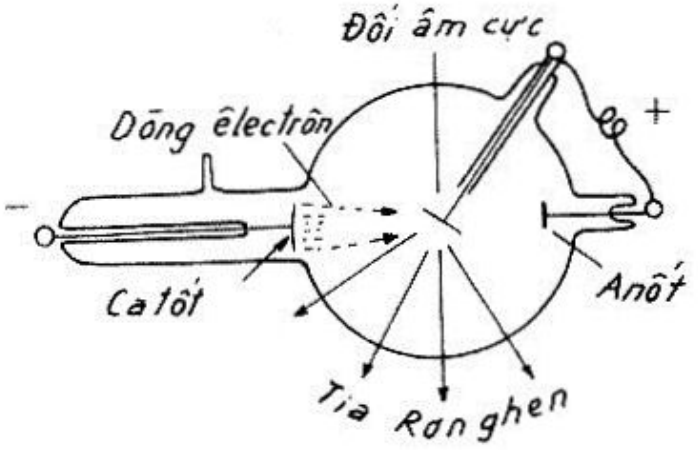
c) Trong khoa học, tia tử ngoại được dùng làm tác nhân iôn hóa, để kích thích sự phát quang, để gây ra hiện tượng quang điện v.v... Trong phép phân tích quang phổ, để nhận biết các nguyên tố, người ta thường sử dụng quang phổ ở vùng tử ngoại.

III - TIA RƠNGHEN

1. Ống Rơnghen

a) Cấu tạo : Ống Rơnghen thực chất là một ống tia âm cực, trong đó có lắp thêm một điện cực bằng kim loại có nguyên tử lượng lớn và khó nóng chảy (như platin, vonfram v.v...) để chắn dòng tia âm cực (H.7.10). Cực kim loại này gọi là đối âm cực AK.

Đối âm cực thường được nối với anôt.



Hình 7.10

Áp suất trong ống vào khoảng 10^{-3}mm Hg.

b) Hoạt động : Nối giữa anôt và catôt một hiệu điện thế khoảng vài vạn vôn. Trong ống còn tồn tại một ít iôn dương. Các iôn này được tăng tốc mạnh trong điện trường. Chúng bay đến đập vào catôt làm bật các êlectrôn ra. Dòng êlectrôn này được tăng tốc trong điện trường, bay về phía đối âm cực, đập vào đó làm phát ra một bức xạ không nhìn thấy được, đi xuyên qua thành thủy tinh ra ngoài.

Người ta phát hiện sự tồn tại của bức xạ này nhờ tác dụng phát quang hoặc tác dụng lên kính ảnh của chúng.

Bức xạ này gọi là tia Rơnghen hay tia X.

2. Bản chất của tia Rơnghen và cơ chế phát ra tia Rơnghen

a) Tia Rơnghen là một loại sóng điện từ có bước sóng ngắn hơn bước sóng của tia tử ngoại. Bước sóng của các tia Rơnghen nằm

trong khoảng từ 10^{-12} m (tia Rơnghen cứng) đến 10^{-8} m (tia Rơnghen mềm).

b) Cơ chế của sự phát ra tia Rơnghen như sau : các êlectrôn trong dòng tia catôt được tăng tốc trong điện trường mạnh, nên thu được một động năng rất lớn. Khi đến đối âm cực, chúng gặp các nguyên tử có nguyên tử lượng lớn của đối âm cực, chúng xuyên sâu vào lớp bên trong của vỏ nguyên tử và tương tác với hạt nhân hoặc với những êlectrôn ở lớp này làm phát sinh một sóng điện từ có bước sóng rất ngắn : đó là tia Rơnghen.

3. Các tính chất và tác dụng của tia Rơnghen

a) Tia Rơnghen có bản chất là sóng điện từ nên nó không mang điện và không bị lệch đường trong điện trường và từ trường.

b) Tính chất nổi bật của tia Rơnghen là khả năng đâm xuyên rất mạnh. Nó truyền qua được những vật chắn sáng thông thường như giấy, bìa gỗ mà yếu đi không đáng kể. Nói khác đi, những vật liệu này trong suốt đối với tia Rơnghen.

Tia Rơnghen đi qua kim loại khó khăn hơn. Kim loại có nguyên tử lượng càng lớn thì khả năng cản tia Rơnghen càng mạnh.

Chẳng hạn, tia Rơnghen xuyên qua được tấm nhôm dày vài cm, nhưng nó không xuyên qua được tấm chì dày vài mm.

c) Nó có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh. Tác dụng này được ứng dụng để chụp điện.

d) Nó có tác dụng làm phát quang nhiều chất. Tác dụng này được ứng dụng để làm màn hình trong việc chiếu điện.

e) Nó có khả năng iôn hóa các chất khí. Tác dụng này được ứng dụng trong máy đo liều lượng tia Rơnghen.

f) Nó có tác dụng sinh học rất mạnh : hủy hoại tế bào, diệt vi khuẩn.

g) Tia Rơnghen gây ra được hiện tượng quang điện ở hầu hết các kim loại. Thực vậy, vì công thoát êlectrôn A của các kim loại đều nhỏ hơn 10 eV (hay 19.10^{-19}J), trong khi đó thì năng lượng

của các phôtôn tia Rơnghen thì lớn hơn giá trị đó nhiều lần, nên các phôtôn và tia Rơnghen đều có khả năng làm bứt êlectrôn ra khỏi kim loại và gây ra hiện tượng quang điện.

Chẳng hạn, phôtôn của tia Rơnghen mềm nhất ($\lambda = 10^{-8}$m) cũng có năng lượng là :

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{10^{-8}}$$

$\varepsilon \approx 19{,}86.10^{-18}$J tức là ε rất lớn so với A_o.

4. Những ứng dụng của tia Rơnghen

a) Trong y học, tia Rơnghen được dùng trong các công việc sau :

- Chiếu điện và chụp điện.
- Diệt tế bào ung thư nông ở ngoài da.

b) Trong công nghiệp và các ngành khác, người ta dùng tia Rơnghen để dò các chỗ hổng khuyết tật trong các sản phẩm đúc, để tiệt trùng trong nước máy, để kiểm tra hành lí ở các cửa khẩu v.v...

c) Trong khoa học, người ta sử dụng tia Rơnghen để nghiên cứu cấu trúc của vật chất (cấu trúc tinh thể chẳng hạn) v.v...

LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

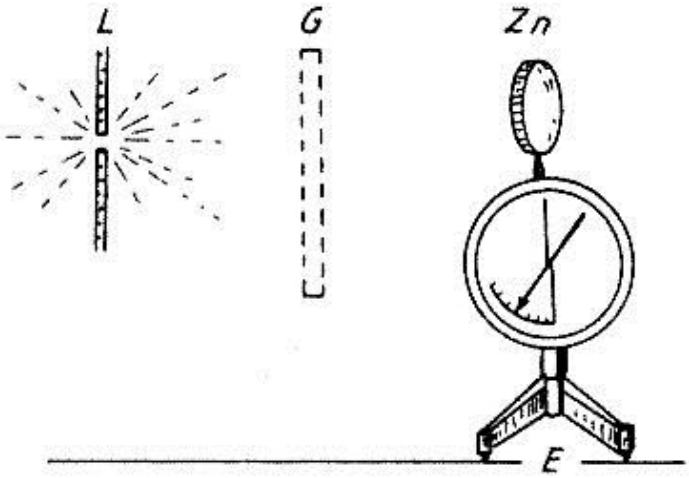
Bài 12

HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

I - HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

Hiện tượng quang điện là hiện tượng khi chiếu ánh sáng thích hợp (có bước sóng ngắn) vào mặt một tấm kim loại thì nó làm cho các êlectrôn ở mặt kim loại đó bật ra. Các êlectrôn bị bật ra gọi là các êlectrôn quang điện.

1. Thí nghiệm Hecxơ



Hình 8.1

- Chiếu một chùm tia ánh sáng do hồ quang phát ra vào một tấm kẽm (H. 8.1) (hoặc tấm đồng, nhôm, bạc, niken...) tích điện âm gắn trên một điện nghiệm, nhà bác học Hecxơ (năm 1887) đã thấy hai lá của điện nghiệm cụp lại. Điều đó chứng tỏ tấm kẽm đã mất điện tích âm.

- Dùng một tấm thủy tinh không màu chắn chùm tia hồ quang thì các tia tử ngoại bị tấm thủy tinh hấp thụ và không đến đập vào tấm kẽm được, khi đó hiện tượng trên không xảy ra : tấm kẽm không bị mất điện tích âm. Nếu ban đầu tấm kẽm tích điện dương thì điện tích tấm kẽm cũng không thay đổi.

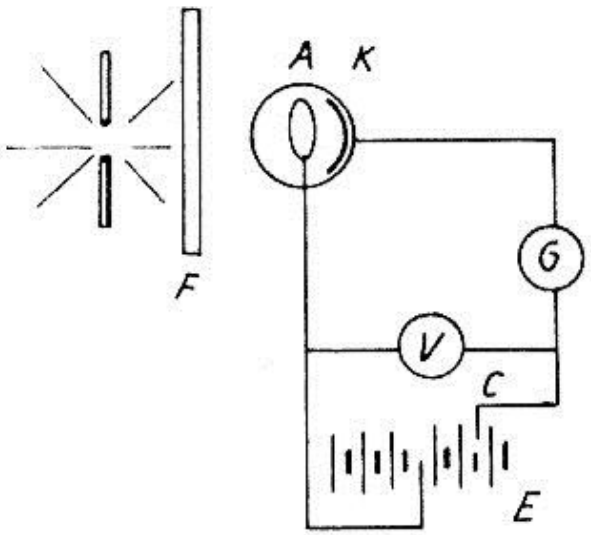
- Các thí nghiệm tương tự và nghiên cứu chi tiết đã đưa đến kết luận : khi chiếu chùm ánh sáng có bước sóng ngắn vào mặt

kim loại thì nó làm cho các êlectrôn ở mặt kim loại bị bật ra. Đó là hiện tượng quang điện.

2. Thí nghiệm với tế bào quang điện

a) Mô tả thí nghiệm

– Cấu tạo của tế bào quang điện : Là một bình chân không nhỏ, bên trong có 2 điện cực : anốt A là một vòng dây kim loại ; catốt K là một chỏm cầu kim loại (mà ta cần nghiên cứu) phủ lên thành trong của bình, có để chừa một lỗ nhỏ cho ánh sáng lọt qua (Hình 8.2).



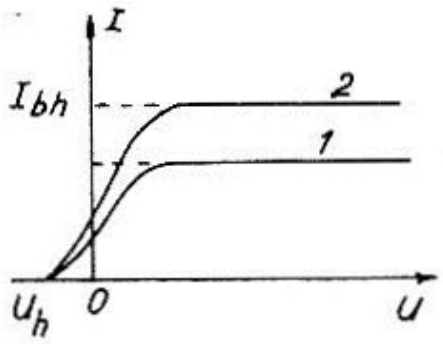
Hình 8.2

Sơ đồ thí nghiệm được bố trí như trên hình 8.2 : Ánh sáng hồ quang chiếu vào catôt được cho qua một kính lọc F (để lọc lấy thành phần đơn sắc mà ta nghiên cứu). Hiệu điện thế U đặt giữa A và K có thể thay đổi (về độ lớn và dấu) nhờ thay đổi vị trí của chốt cắm C và được đo bằng vôn kế V. G là miliampe kế nhạy để đo cường độ dòng điện chạy qua tế bào quang điện.

b) Các kết quả chính của thí nghiệm

– Khi chiếu vào catôt ánh sáng có bước sóng ngắn thì trong mạch xuất hiện dòng điện mà ta gọi là *dòng quang điện*, dòng này có chiều từ anôt sang catôt. *Dòng quang điện là dòng chuyển dời có hướng của các êlectrôn quang điện* (là các êlectrôn bật ra khỏi kim loại làm catôt khi catôt được rọi bằng ánh sáng thích hợp) bay từ catôt sang anôt dưới *tác dụng của điện trường giữa anôt và catôt.*

– *Đối với mỗi kim loại dùng làm catôt, ánh sáng kích thích phải có bước sóng nhỏ hơn một giới hạn* λ_0 nào đó (gọi là giới hạn quang điện thì mới gây ra hiện tượng quang điện. Nếu ánh sáng kích thích có bước sóng lớn hơn λ_0 thì dù chùm ánh sáng có mạnh cũng không gây ra hiện tượng quang điện.



Hình 8.3

- Cường độ I của dòng quang điện phụ thuộc vào hiệu điện thế $U_{AK} = U$ giữa anôt và catôt. Đường đặc trưng vôn–ampe của tế bào quang điện có dạng như trên hình vẽ, gồm ba phần (Hình 8.3) :

+ Với U > 0, thoạt tiên I tăng khi U tăng ;

+ Tăng U đến một giá trị nào đó thì cường độ dòng quang điện đạt đến giá trị bão hòa I_{bh} ; sau đó I không tăng nữa dù có tăng U. *Cường độ dòng quang điện bão hòa* I_{bh} tỉ lệ thuận với cường độ của chùm ánh sáng kích thích (Trên hình vẽ, đường cong 2 ứng với trường hợp cường độ của chùm ánh sáng kích thích tăng lên 1,5 lần).

+ Với U < 0, dòng quang điện không triệt tiêu ngay. *Phải đặt vào giữa anôt và catôt một hiệu điện thế âm* U_h nào đó gọi là hiệu điện thế hãm thì dòng quang điện mới triệt tiêu hoàn toàn. Điều đó chứng tỏ khi bật ra khỏi kim loại các êlectrôn quang điện có một vận tốc ban đầu v_o nào đó. Điện trường cản mạnh đến mức độ nào đó thì ngay cả những êlectrôn có vận tốc ban đầu lớn nhất v_{omax} cũng không bay đến được anôt. Lúc đó dòng quang điện triệt tiêu hoàn toàn và công của điện trường cảm có giá trị đúng bằng động năng ban đầu cực đại của êlectrôn quang điện :

$$eU_h = \frac{mv_{omax}^2}{2}$$

- *Giá trị của hiệu điện thế giữa* U_h ứng với mỗi kim loại dùng làm catôt hoàn toàn không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích đó. (Với hai chùm sáng kích thích 1 và 2 có cùng bước sóng thì các đường đặc trưng vôn–ampe 1 và 2 cắt trục U tại cùng một điểm U_h như trên hình 8.3.

- Trong thí nghiệm trên (vẫn giữ nguyên kim loại làm catôt), nếu thay chùm ánh sáng đang thí nghiệm bằng chùm ánh sáng có bước sóng nhỏ hơn trước thì hiệu điện thế hãm U_h tăng lên. Sở

dĩ như vậy là vì, khi giảm bước sóng của chùm ánh sáng kích thích, thì năng lượng của các phôtôn (lượng tử ánh sáng) tới đập vào kim loại có năng lượng lớn hơn, nhờ đó các êlectrôn quang điện bật ra từ kim loại sẽ có vận tốc lớn hơn ; vì vậy muốn làm triệt tiêu dòng quang điện, tức là muốn hãm ngay các êlectrôn quang điện (để chúng không tới được anôt) cần phải có điện trường hãm mạnh hơn tức là phải có hiệu điện thế hãm lớn hơn.

II - PHÁT BIỂU CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

Từ các kết quả thí nghiệm về hiện tượng quang điện có thể rút ra ba định luật sau đây gọi là các định luật quang điện.

1. Định luật quang điện thứ nhất (hay định luật về giới hạn quang điện) :

Đối với mỗi kim loại dùng làm catôt có một bước sóng giới hạn λ_o nhất định gọi là giới hạn quang điện của kim loại đó. Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng của ánh sáng kích thích nhỏ hơn giới hạn quang điện ($\lambda \leqslant \lambda_o$).

Giới hạn quang điện λ_o của bạc (Ag) là 0,26μm, của kẽm (Zn) là 0,35μm.

2. Định luật quang điện thứ hai (hay định luật về cường độ dòng điện) :

Với ánh sáng kích thích thỏa mãn định luật quang điện thứ nhất ($\lambda \leqslant \lambda_o$) thì *cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.*

3. Định luật quang điện thứ ba (hay định luật về vận tốc của quang êlectrôn) :

Động năng ban đầu cực đại của các êlectrôn quang điện không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và bản chất kim loại dùng làm catôt.

III - TẠI SAO THUYẾT SÓNG ÁNH SÁNG KHÔNG GIẢI THÍCH ĐƯỢC CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

Các định luật quang điện hoàn toàn mâu thuẫn với tính chất sóng của ánh sáng.

1. Thuyết sóng ánh sáng không giải thích được định luật quang điện thứ nhất.

Thực vậy, theo thuyết sóng thì ánh sáng là sóng điện từ. Vì vậy khi rọi ánh sáng lên bề mặt catôt, điện trường biến thiên trong sóng ánh sáng sẽ làm cho các êlectrôn trong kim loại dao động cưỡng bức. Cường độ của chùm áng sáng kích thích càng lớn thì điện trường đó càng mạnh và nó làm cho êlectrôn dao động càng mạnh. Đến một mức độ nào đó thì êlectrôn sẽ bị bật ra, tạo thành dòng quang điện. Vậy chùm ánh sáng có cường độ càng lớn thì dễ làm cho êlectrôn bật ra khỏi mặt kim loại, dù bước sóng của nó là bao nhiêu. Thế nhưng theo định luật quang điện thứ nhất thì, nếu $\lambda > \lambda_o$, cường độ của chùm sáng dù lớn bao nhiêu cũng không gây ra được hiện tượng quang điện.

2. Thuyết sóng ánh sáng không giải thích được định luật quang điện thứ ba. Theo thuyết sóng thì cường độ của chùm sáng kích thích càng lớn, động năng ban đầu cực đại của êlectrôn bị bật ra khỏi mặt kim loại (êlectrôn quang điện) càng lớn. Thế nhưng theo định luật quang điện thứ ba, động năng đó lại không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích.

Bài 13

THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

I - NỘI DUNG THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

1. Những nguyên tử hay phân tử vật chất không hấp thụ hay bức xạ ánh sáng một cách liên tục, mà thành từng phần riêng biệt, đứt quãng. Mỗi phần đó mang một năng lượng hoàn toàn xác định, có độ lớn là $\varepsilon = hf$, trong đó f là tần số ánh sáng mà nó phát ra, còn h là một hằng số gọi là hằng số Plăng $h = 6{,}625.10^{-34}$ J.s.

Mỗi phần đó gọi làm một lượng tử năng lượng, chùm ánh sáng được coi như một chùm hạt, mỗi hạt làm một phôtôn ứng với một lượng tử năng lượng. Phôtôn luôn chuyển động với vận tốc bằng vận tốc của ánh sáng (không có phôtôn đứng yên).

2. Khi ánh sáng truyền đi năng lượng của các phôtôn không bị thay đổi, không phụ thuộc vào khoảng cách tới nguồn sáng (dù nguồn đó là một ngôi sao nằm cách xa ta hàng triệu năm ánh sáng).

3. Với ánh sáng có tần số đã cho, cường độ chùm sáng tỉ lệ với số phôtôn trong chùm. Vì mỗi lượng tử năng lượng rất nhỏ, mỗi chùm sáng dù yếu, cũng chứa một số rất lớn lượng tử ánh sáng, do đó ta có cảm giác chùm sáng là liên tục.

II - GIẢI THÍCH CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN BẰNG THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNC

1. Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện

Vận dụng thuyết lượng tử ánh sáng vào hiện tượng quang điện, Anhxtanh cho rằng, trong hiện tượng đó có sự hấp thụ trọn vẹn từng phôtôn của ánh sáng chiếu tới và mỗi phôtôn bị hấp thụ sẽ truyền toàn bộ năng lượng $\varepsilon = hf$ của nó cho một êlectrôn. Đối với các êlectrôn nằm ngay trên bề mặt kim loại thì năng lượng ε này sẽ được sử dụng vào hai việc :

- cung cấp cho êlectrôn một công A, gọi là *công thoát*, để nó thắng được các lực liên kết trong tinh thể và thoát ra ngoài ;

– cung cấp cho êlectrôn đó một động năng ban đầu cực đại ngay sau khi bứt ra khỏi bề mặt kim loại $\frac{mv_{omax}^2}{2}$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có

$$hf = A + \frac{mv_{omax}^2}{2} \qquad (1)$$

Đó là công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện.

Còn đối với các êlectrôn nằm ở các lớp sâu bên trong mặt kim loại thì, trước khi đến bề mặt kim loại chúng đã va chạm với các ion của kim loại và mất một phần năng lượng, do đó động năng ban đầu ngay sau khi bứt ra của các êlectrôn này sẽ phải nhỏ hơn động năng ban đầu cực đại tính theo công thức (1) ở trên.

2. Giải thích các định luật quang điện

a) Định luật thứ nhất : Công thức (1) cho thấy muốn cho hiện tượng quang điện xảy ra, nghĩa là muốn cho êlectrôn bật ra được khỏi mặt catôt, phôton của ánh sáng chiếu tới phải có năng lượng lớn hơn hay bằng công thoát A, nghĩa là phải có $hf \geq A$ hay $h\frac{c}{\lambda} \geq A$, suy ra $\lambda \leq \frac{hc}{A}$ hay $\lambda \leq \lambda_o$, với $\lambda_o = \frac{hc}{A}$. λ_o chính là giới hạn quang điện của kim loại làm catôt.

b) Định luật thứ hai : Với các chùm sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang điện thì số êlectrôn quang điện bị bật ra khỏi mặt catôt trong đơn vị thời gian tỉ lệ thuận so với số phôtôn đến đập vào mặt catôt trong thời gian đó. Mặt khác số phôtôn này tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng, còn cường độ dòng quang điện bão hòa lại tỉ lệ thuận với số êlectrôn quang điện bị bật ra khỏi catôt trong đơn vị thời gian. Vì vậy cường độ của dòng quang điện bão hòa sẽ tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

c) Định luật thứ ba : Công thức (1) cho thấy động năng ban đầu cực đại của các êlectrôn quang điện chỉ phụ thuộc vào tần số f (hay bước sóng λ) của ánh sáng kích thích và bản chất của kim loại dùng làm catôt mà không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích.

III - LƯỠNG TÍNH SÓNG - HẠT CỦA ÁNH SÁNG

1. Ánh sáng nhìn thấy cũng như các tia hồng ngoại, tia tử ngoại, tia Rơnghen, đều là các sóng điện từ có bước sóng khác nhau. Người ta nói *chúng có cùng bản chất điện từ*. Khi nghiên cứu hiện tượng quang điện ta lại thấy ánh sáng có tính chất hạt (tính chất lượng tử). *Vậy ánh sáng vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt*. Người ta nói *ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt*.

2. Nhưng biểu hiện của tính chất sóng của ánh sáng được quan sát thấy ở hiện tượng giao thoa, hiện tượng tán sắc. Còn những biểu hiện của tính chất hạt của ánh sáng là khả năng đâm xuyên, tác dụng quang điện, tác dụng ion hóa, tác dụng phát quang.

3. Những sóng điện từ có bước sóng càng dài thì phôton ứng với chúng có năng lượng càng nhỏ và thực nghiệm cho thấy tính chất hạt của chúng càng khó thể hiện, còn tính chất sóng của chúng càng dễ bộc lộ.

Ngược lại, những sóng điện từ có bước sóng càng ngắn thì phôtôn ứng với chúng có năng lượng càng lớn và thực nghiệm cho thấy tính chất hạt của chúng thể hiện càng đậm nét, còn tính chất sóng càng ít thể hiện.

Bài 14

ỨNG DỤNG THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

I - QUANG TRỞ VÀ PIN QUANG ĐIỆN

1. Hiện tượng (hiệu ứng) quang điện bên trong

a) Định nghĩa. Hiện tượng (hiệu ứng) quang điện trong là hiện tượng khi chất bán dẫn được chiếu bằng chùm ánh sáng thích hợp thì các êlectrôn liên kết bị bứt ra khỏi liên kết (giữa các nút mạng tinh thể bán dẫn) để trở thành các êlectrôn tự do (êlectrôn dẫn) chuyển động trong khối chất bán dẫn đó.

Ngoài ra mỗi êlectrôn liên kết khi được giải phóng sẽ để lại ("giải phóng") một "lỗ trống" mang điện dương, các lỗ trống này

cũng có thể chuyển động tự do từ nguyên tử này sang nguyên tử khác và cũng tham gia vào quá trình dẫn điện.

b) So sánh hiện tượng (hiệu ứng) quang điện trong và hiện tượng (hiệu ứng) quang điện ngoài.

Khi chiếu sáng thích hợp vào mặt một tấm kim loại thì nó làm cho các êlectrôn ở mặt kim loại đó bật ra khỏi tấm kim loại, đó là hiện tượng quang điện, còn gọi là hiện tượng quang điện ngoài.

So sánh hiện tượng (hiệu ứng) quang điện ngoài và hiện tượng (hiệu ứng) quang điện trong ta thấy :

- Hai hiện tượng (hiệu ứng) đó giống nhau ở chỗ : muốn cho hiện tượng xảy ra ta phải chiếu vào tấm kim loại (trường hợp hiện tượng quang điện ngoài) hoặc tấm bán dẫn (trường hợp hiện tượng quang điện trong) một chùm ánh sáng có bước sóng thích hợp ($\lambda \leq \lambda_0$), nghĩa là đều có giới hạn quang điện λ_0. Nhưng chúng khác nhau ở chỗ : năng lượng cần để giải phóng êlectrôn liên kết (làm "đứt" liên kết) trong bán dẫn thường khá nhỏ hơn công thoát A cần cung cấp cho êlectrôn trong kim loại để nó thắng được các lực liên kết trong tinh thể kim loại. Do đó giới hạn quang điện của hiện tượng quang điện trong có thể nằm ở vùng hồng ngoại.

- Hai hiện tượng đó giống nhau ở chỗ : Khi chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp, các lượng tử ánh sáng (phôtôn) đều làm bứt các êlectrôn. Nhưng chúng khác nhau ở chỗ : trong hiệu ứng quang điện ngoài thì các êlectrôn được bứt *ra ngoài tấm kim loại* (ra khỏi khối chất) ; còn trong hiệu ứng quang điện trong thì các êlectrôn liên kết chỉ bị bứt ra khỏi liên kết để trở thành các êlectrôn tự do *chuyển động bên trong khối bán dẫn* đó, nghĩa là *trở thành êlectrôn dẫn ngay bên trong khối chất.*

c) Ứng dụng hiện tượng quang điện trong

Hiện tượng quang điện trong được ứng dụng để chế tạo quang trở và pin quang điện.

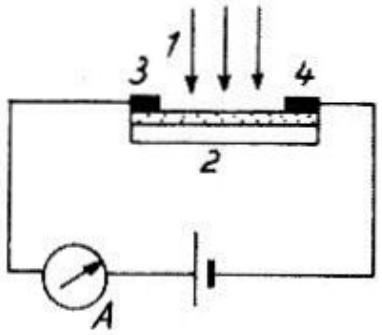
2. Quang trở

a) Hiện tượng quang dẫn

Một số bán dẫn là chất cách điện khi không bị chiếu sáng và trở thành chất dẫn điện khi bị chiếu sáng. *Hiện tượng giảm mạch điện trở của chất bán dẫn khi bị chiếu sáng gọi là hiện tượng quang dẫn.* Nó được ứng dụng để tạo ra các điện trở thay đổi được trị số nhờ biến thiên cường độ chùm sáng chiếu vào, gọi là các quang trở (LDR).

b) Cấu tạo. Quang trở có cấu tạo rất đơn giản, gồm một lớp chất bán dẫn (1) (cađimi sunfua CdS, chẳng hạn) phủ lên một tấm nhựa cách điện (2). Hai đầu lớp bán dẫn được hàn hai điện cực (3) và (4) bằng kim loại để nối ra ngoài (H. 8.4).

c) Hoạt động. Nối quang trở với một nguồn điện khoảng vài vôn thông qua một miliampe kế. Khi quang trở được đặt trong tối thì trong mạch không có dòng điện. Khi chiếu sáng quang trở bằng ánh sáng có bước sóng ngắn hơn giới hạn quang điện của quang trở thì sẽ xuất hiện dòng điện trong mạch. Như vậy điện trở của quang trở giảm đi rất mạnh khi bị chiếu sáng bởi ánh sáng nói trên. (Với quang trở CdS thì khi chưa chiếu sáng, điện trở của nó khoảng $3.10^6\Omega$, nhưng khi bị chiếu sáng thì điện trở của nó chỉ còn khoảng 20Ω).



Hình 8.4

Ngày nay quang trở được dùng thay cho tế bào quang điện trong hầu hết các mạch điều khiển tự động.

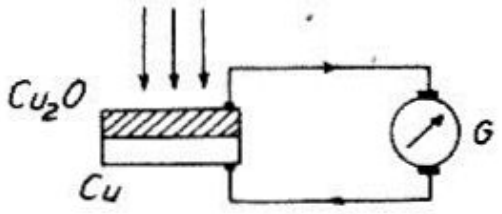
3. Pin quang điện

a) Pin quang điện là một nguồn điện trong đó quang năng được biến đổi trực tiếp thành điện năng. Pin hoạt động dựa vào hiện tượng quang điện trong xảy ra trong một chất bán dẫn.

b) Nguyên tắc cấu tạo

Xét một pin quang điện đơn giản : pin đồng ôxit (hình 8.5).

Pin có một điện cực bằng đồng. Trên bản đồng này có phủ một lớp đồng oxit Cu_2O. Trên mặt lớp Cu_2O



Hình 8.5

này người ta phun một lớp kim loại rất mỏng dùng làm điện cực thứ hai, lớp kim loại này mỏng đến mức cho ánh sáng truyền qua được. Ở chỗ tiếp xúc giữa Cu_2O và Cu hình thành một lớp có tác dụng đặc biệt : nó chỉ cho phép êlectrôn chạy qua nó theo chiều từ Cu_2O sang Cu.

3. Hoạt động. Khi chiếu một chùm sáng có bước sóng thích hợp vào mặt lớp bán dẫn (Cu_2O) thì ánh sáng sẽ giải phóng các êlectrôn liên kết trong Cu_2O thành êlectrôn dẫn. Một phần các êlectrôn này khuếch tán sang kim loại (Cu) kết quả là Cu thừa êlectrôn nên nhiễm điện âm, trở thành điện cực âm ; còn lớp Cu_2O nhiễm điện dương, trở thành điện cực dương. Giữa 2 điện cực của pin hình thành một suất điện động. Nối hai điện cực bằng một dây dẫn thông qua một điện kế ta thấy có một dòng điện chạy trong mạch theo chiều từ Cu_2O sang Cu (hình 8.5).

Các pin quang điện (pin đồng oxit, pin sêlen) có rất nhiều ứng dụng (máy tính, vệ tinh nhân tạo...).

II - SỰ PHÁT QUANG. HIỆN TƯỢNG QUANG HÓA

1. Sự phát quang

a) Sự phát quang là hiện tượng *phát ánh sáng lạnh* của một số vật khi có ánh sáng thích hợp (ánh sáng kích thích) chiếu vào. Nó khác với sự phát sáng của vật khi bị nung nóng.

Đặc điểm nổi bật của sự phát quang là bước sóng λ' của ánh sáng phát quang dài hơn bước sóng λ ($\lambda' > \lambda$) của ánh sáng kích thích. Ví dụ khi chiếu một chùm tia tử ngoại (có bước sóng λ) vào một bình đựng dung dịch fluôrexêin trong rượu (hoặc vào bột kẽm sunfua có pha đồng hoặc côban) thì dung dịch này sẽ phát ánh sáng màu xanh lục nhạt (có bước sóng $\lambda' > \lambda$).

b) Người ta phân biệt hai loại phát quang là sự huỳnh quang và sự lân quang.

- Sự huỳnh quang là hiện tượng phát quang mà ánh sáng phát quang hầu như tắt ngay sau khi tắt ánh sáng kích thích. Nó thường xảy ra với chất lỏng và chất khí.

– Sự lân quang là hiện tượng phát quang và ánh sáng phát quang còn kéo dài từ vài phần giây, đến hàng giờ (tùy theo chất) sau khi tắt ánh sáng kích thích. Nó thường xảy ra với các chất rắn.

c) Giải thích đặc điểm $\lambda' > \lambda$ của sự phát quang bằng thuyết lượng tử ánh sáng.

Khi phân tử của chất, fluôrexêin chẳng hạn, hấp thụ một phôtôn tử ngoại có năng lượng hf thì chuyển sang trạng thái kích thích có năng lượng cao hơn trạng thái trước một lượng hf. Phân tử này ở trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn. Trong thời gian này nó va chạm với các phân tử khác và mất bớt một phần năng lượng đã nhận được. Vì vậy khi trở về trạng thái bình thường ban đầu nó sẽ phát ra một phôtôn khác có năng lượng hf' nhỏ hơn hf :

$$hf' < hf \text{ hay } h\frac{c}{\lambda'} < h\frac{c}{\lambda} \text{ suy ra } \lambda' > \lambda$$

Như vậy sự phát quang là hiện tượng trong đó xảy ra sự hấp thụ một phôtôn và phát xạ một phôtôn khác.

Trong vật rắn quá trình đó xảy ra còn phức tạp hơn, khiến cho phân tử chỉ trở về trạng thái ban đầu sau một khoảng thời gian nào đó kể từ khi nó được kích thích.

d) Hiện tượng phát quang của chất rắn được ứng dụng trong các đèn mà người ta thường gọi là đèn huỳnh quang hay đèn ống. Đèn gồm một ống thủy tinh hình trụ, trong chứa hơi thủy ngân ở áp suất thấp. Ở hai đầu có hai điện cực là các dây tóc được nung đỏ. Thành trong của ống có phủ một lớp bột phát quang. Khi có dòng điện phóng qua đèn thì hơi thủy ngân sẽ phát sáng. Ánh sáng do hơi thủy ngân phát ra rất giàu tia tử ngoại. Các tia tử ngoại này sẽ kích thích lớp bột phát quang phủ ở thành trong của đèn, nhờ đó đèn phát ra ánh sáng nhìn thấy được.

2. Hiện tượng quang hóa

a) Hiện tượng quang hóa là hiện tượng trong đó các phản ứng hóa học xảy ra dưới tác dụng của ánh sáng. Năng lượng cần thiết để các phản ứng này xảy ra là năng lượng của phôtôn có tần số thích hợp. Các phản ứng hóa học này được gọi là *các phản ứng*

quang hóa. Các phản ứng này có nhiều loại như phản ứng phân tích, phản ứng tổng hợp, phản ứng pôlime hóa v.v...

b) Một số phản ứng quang hóa đơn giản

- Phản ứng phân tích AgBr

Dưới tác dụng của phôtôn ánh sáng kích thích, một số phân tử AgBr trong những hạt bạc Brômua bị phân tích thành bạc và brôm :

$$AgBr + hf \rightarrow Ag + Br$$

Những phân tử đã bị ánh sáng phân tích trong quá trình chụp ảnh sẽ trở thành những mầm để từ đó toàn bộ hạt bạc brômua bị phân tích hóa học trong thuốc hiện hình. Những hạt bạc brômua không chứa những phân tử đã bị phân li do tác dụng của ánh sáng thì không bị thuốc hiện hình tác dụng.

- Phản ứng tổng hợp HCl

Chiếu ánh sáng có bước sóng ngắn vào một bình đựng hỗn hợp clo và hiđrô thì clo sẽ tổng hợp với hiđrô thành HCl. Phản ứng xảy ra mãnh liệt gây ra sự nổ, vỡ bình chứa.

Người ta cho rằng phản ứng này xảy ra theo hai quá trình kế tiếp nhau : Quá trình sơ cấp $Cl_2 + hf \rightarrow Cl + Cl$

Quá trình thứ cấp : $Cl + H_2 \rightarrow HCl + H$

$H + Cl_2 \rightarrow HCl + Cl$ v.v.

- Phản ứng quang hợp

Phản ứng quang hợp là phản ứng quang hóa rất quan trọng đối với sự tồn tại của các cây xanh, nên có ảnh hưởng to lớn đối với đời sống con người.

Phản ứng xảy ra rất phức tạp, nhưng đại thể là như sau : khi hấp thụ phôtôn tử ngoại, phân tử CO_2 bị phân tích thành CO và giải phóng O_2 : $2CO_2 + hf \rightarrow 2CO + O_2$

c) Hiện tượng quang hóa thể hiện tính chất hạt của ánh sáng chứ không phải là tính chất sóng của ánh sáng.

Thực vậy, nếu ánh sáng biểu hiện tính chất sóng thì lượng năng lượng mà nó nhường cho mỗi phân tử sẽ phụ thuộc nhiều vào biên độ sóng tức là vào cường độ chùm sáng, chứ không phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng (tức là tần số ánh sáng). Nếu như vậy thì dù ánh sáng có bước sóng bằng bao nhiêu đi nữa, ta vẫn có thể tạo ra một chùm ánh sáng mạnh để lượng năng lượng mà nó nhường cho mỗi phân tử sẽ đủ lớn, đủ để gây ra được phản ứng quang hóa. Thế nhưng, trên thực tế chỉ có chùm ánh sáng nào mà bước sóng (và tần số) phải có giá trị sao cho năng lượng phôtôn hf của nó có đủ giá trị cần thiết thì nó mới khiến cho phản ứng quang hóa xảy ra được.

Vì vậy hiện tượng quang hóa chính là một trường hợp trong đó tính chất hạt của ánh sáng được thể hiện rõ.

Bài 15

MẪU NGUYÊN TỬ BO

I - MẪU NGUYÊN TỬ BO

1. Mẫu hành tinh nguyên tử do Rơdơfo đề xướng năm 1911 đã quan niệm rằng các êlectrôn trong nguyên tử chuyển động theo những quỹ đạo tròn chung quanh hạt nhân. Chính vì vậy mà mẫu này đã gặp phải khó khăn là không giải thích được tính bền vững của các nguyên tử và sự tạo thành các quang phổ vạch của nguyên tử.

Thực vậy theo thuyết điện tử khi êlectrôn chuyển động tròn quanh hạt nhân thì nó phải bức xạ sóng điện từ, do đó năng lượng của nó phải giảm dần một cách liên tục, nó sẽ chuyển động theo đường xoắn ốc và cuối cùng rơi vào hạt nhân, và nguyên tử sẽ bị phá vỡ. Hơn nữa, nếu êlectrôn chuyển động theo đường xoắn ốc thì tần số ánh sáng do nó phát ra, bằng tần số vòng của chuyển động tròn, phải tăng dần một cách liên tục, nghĩa là nguyên tử phải phát một quang phổ liên tục. Nhưng trong thực tế mọi nguyên tử đều phát quang phổ vạch.

2. Để khắc phục những khó khăn trên, năm 1913, Bo, nhà vật lí Đan Mạch đã vận dụng tinh thần của thuyết lượng tử vào việc giải thích các hiện tượng của hệ thống nguyên tử. Ông đã nêu ra hai giả thuyết (coi như hai tiên đề) sau đây :

a) Tiên đề về trạng thái dừng : *Nguyên tử chỉ tồn tại trong những trạng thái có năng lượng xác định, gọi là các trạng thái dừng. Trong các trạng thái dừng nguyên tử không bức xạ.*

Năng lượng của nguyên tử ở trạng thái dừng bao gồm động năng của các êlectrôn và thế năng của chúng đối với hạt nhân. Trạng thái dừng có năng lượng càng thấp thì càng bền vững. Trạng thái dừng có năng lượng càng cao thì càng kém bền vững. Do đó khi nguyên tử ở trạng thái dừng có năng lượng lớn (trạng thái bị kích thích), bao giờ nó cũng có xu hướng chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng nhỏ. Bình thường nguyên tử ở trạng thái dừng có năng lượng thấp nhất (gọi là trạng thái cơ bản).

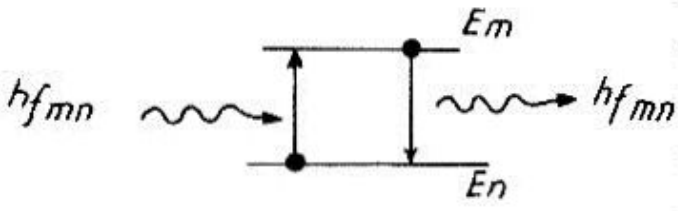
b) Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử :

Khi nguyên tử từ trạng thái dừng có năng lượng E_m chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng E_n (với $E_n < E_m$) thì nguyên tử phát ra một photôn có năng lượng đúng bằng hiệu $E_m - E_n$

$$\varepsilon = hf_m = E_m - E_n$$

(với f_{mn} là tần số của sóng ánh sáng ứng với phôtôn đó).

Ngược lại, *nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_n thấp mà hấp thụ được một phôtôn có năng lượng hf_{mn} đúng bằng hiệu $E_m - E_n$ thì nó chuyển lên trạng thái có năng lượng E_m lớn hơn. (Hình 8.6).*



Hình 8.6

3. Một hệ quả rất quan trọng suy được từ hai tiên đề trên vận dụng cho nguyên tử hiđro (và các ion hóa trị 1 của He, Li...) là : trong các trạng thái dừng của nguyên tử, êlectrôn chỉ chuyển động quanh hạt nhân theo những

quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là *quỹ đạo dừng*, có bán kính tỉ lệ với bình phương các số nguyên liên tiếp. Cụ thể quỹ đạo gần hạt nhân nhất (gọi là quỹ đạo K) có bán kính $r_o = 5{,}3.10^{-11}$m (gọi là bán kính Bo) ; quỹ đạo tiếp theo (gọi là quỹ đạo L) có bán kính $4r_o$, sau đó là quỹ đạo M có bán kính $9r_o$, quỹ đạo N có bán kính $16r_o$, quỹ đạo O có bán kính $25r_o$, quỹ đạo P có bán kính $36r_o$... Đồng thời quỹ đạo có bán kính nhỏ ứng với năng lượng nhỏ, quỹ đạo có bán kính lớn ứng với năng lượng lớn. Tuy các quỹ đạo càng xa hạt nhân có bán kính chênh lệch càng nhiều, song năng lượng của chúng chênh lệch càng ít. Ở trạng thái cơ bản của nguyên tử hiđrô, êlectrôn chuyển động trên quỹ đạo K.

II - GIẢI THÍCH SỰ TẠO THÀNH QUANG PHỔ VẠCH CỦA HIĐRÔ

Một trong những thành công quan trọng nhất của mẫu nguyên tử Bo là giải thích được đầy đủ sự tạo thành quang phổ vạch của hiđrô.

1. Đặc điểm của quang phổ hiđrô

Thực nghiệm cho thấy rằng các vạch trong quang phổ phát xạ của hiđrô sắp xếp thành từng nhóm riêng biệt, tách rời hẳn nhau gọi là các dãy. Trong vùng tử ngoại có dãy Laiman. Tiếp theo dãy này là dãy Banme, có một phần nằm trong vùng tử ngoại và một phần nằm trong vùng ánh sáng nhìn thấy ; phần này có 4 vạch là vạch đỏ (kí hiệu H_α, $\lambda_\alpha = 0{,}6563\mu$m), vạch lam (kí hiệu H_β, $\lambda_\beta = 0{,}4861\mu$m), vạch chàm (kí hiệu H_γ, $\lambda_\gamma = 0{,}4340\mu$m) và vạch tím (kí hiệu H_δ, $\lambda_\delta = 0{,}4102\mu$m). Trong vùng hồng ngoại có dãy Pasen.

2. Giải thích

a) Giải thích sự tạo thành các vạch quang phổ

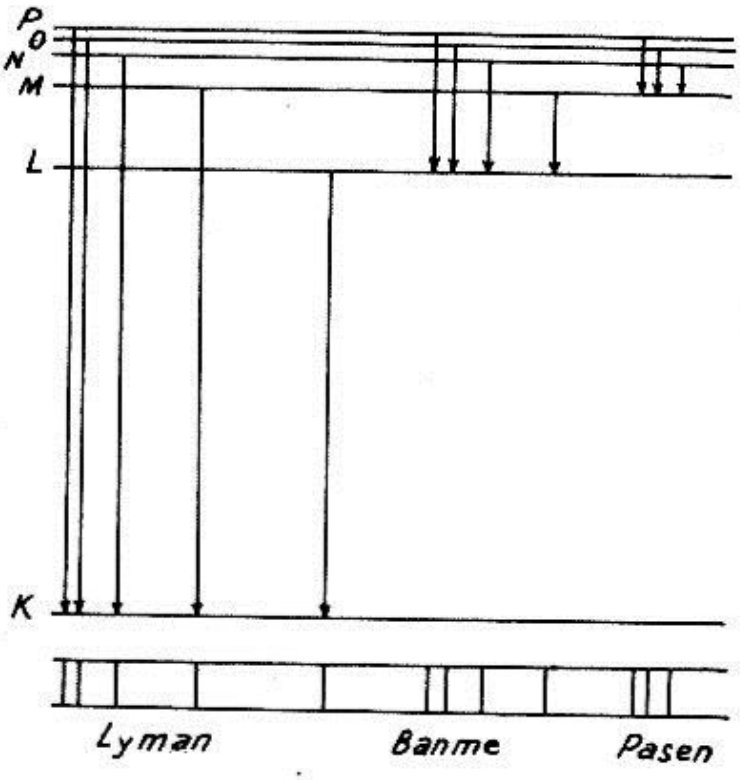
Ở trạng thái cơ bản nguyên tử hiđrô có năng lượng thấp nhất, êlectrôn chuyển động trên quỹ đạo K. Khi nguyên tử nhận năng lượng kích thích, êlectrôn chuyển lên các quỹ đạo có mức năng lượng cao hơn : L, M, N, O, P v.v.. Nhưng nguyên tử chỉ ở trạng

thái kích thích trong một thời gian rất ngắn (khoảng 10^{-8}s), sau đó êlectrôn chuyển về các quỹ đạo bên trong, gần hạt nhân, và phát ra các phôton. Mỗi khi êlectrôn chuyển từ một quỹ đạo có mức năng lượng cao xuống một quỹ đạo có mức năng lượng thấp thì nguyên tử phát ra một phôtôn có năng lượng đúng bằng hiệu năng lượng ứng với hai quỹ đạo đó $hf = E_{cao} - E_{thấp}$. Mỗi phôtôn có tần số f lại ứng với một sóng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = \frac{c}{f}$. Mỗi sóng ánh sáng đơn sắc này lại cho một vạch quang phổ có một màu nhất định. Vì vậy quang phổ của nguyên tử hiđrô là quang phổ vạch.

b) Giải thích sự tạo thành các dãy

Các vạch trong dãy Laiman được tạo thành khi êlectrôn chuyển từ các quỹ đạo bên ngoài về quỹ đạo K.

Các vạch trong dãy Banme được tạo thành khi các êlectrôn chuyển từ các quỹ đạo bên ngoài về quỹ đạo L. Các vạch H_α, H_β, H_γ, H_δ lần lượt ứng với sự chuyển M → L, N → L, O → L và P → L.



Hình 8.7

Các vạch trong dãy Pasen được tạo thành khi các êlectrôn chuyển từ các quỹ đạo bên ngoài về quỹ đạo M.

Nếu biểu diễn mỗi mức năng lượng ứng với một quỹ đạo dừng bằng một vạch nằm ngang thì ta có một sơ đồ các mức năng lượng vẽ trên hình 8.7 trong đó các sự chuyển được biểu diễn bằng các mũi tên hướng từ trên xuống. Phía dưới sơ đồ có

vẽ các vạch quang phổ ứng với sự chuyển đó. Từ hình vẽ, ta thấy : năng lượng của phôtôn ứng với vạch thứ nhất trong dãy Laiman cộng với năng lượng của phôtôn ứng với vạch thứ nhất trong dãy Banme cộng lại đúng bằng năng lượng phôtôn ứng với vạch thứ hai trong dãy Laiman. Thực nghiệm đã xác nhận điều đó là hoàn toàn đúng.

VẬT LÍ HẠT NHÂN

Bài 16

HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

I - CẤU TẠO HẠT NGUYÊN TỬ

1. Nuclôn

Tuy hạt nhân có kích thước rất nhỏ (đường kính chừng 10^{-14} m đến 10^{-15} m), nhưng các hiện tượng phóng xạ và phản ứng hạt nhân đã **chứng** tỏ rằng hạt nhân được cấu tạo từ những hạt nhỏ hơn, gọi là các *nuclôn*. Có hai loại nuclôn :

- *Prôtôn*, kí hiệu p, mang một điện tích nguyên tố dương +e, khối lượng m = $1,67263.10^{-27}$ kg, lớn hơn khối lượng của êlectrôn khoảng 1840 lần ;

- *Nơtrôn*, kí hiệu n, không mang điện, khối lượng m_n = $1,67494.10^{-27}$ kg.

2. Nguyên tử số Z và khối lượng số A của hạt nhân

Nếu một nguyên tố có số thứ tự Z trong bảng tuần hoàn Menđêlêep (Z gọi là nguyên tử số) thì nguyên tử của nó có Z êlectrôn ở vỏ ngoài và hạt nhân của nguyên tử ấy chứa Z prôtôn và N nơtrôn. Tổng số A = Z + N (số nuclôn trong một hạt nhân) gọi là *khối lượng số* hoặc *số khối* của nguyên tử.

3. Thí dụ : Nguyên tử hiđrô ứng với Z = 1, có 1 êlectrôn ở vỏ ngoài, hạt nhân của nó có 1 prôtôn và không có nơtrôn, số khối A = 1. Nguyên tử cacbon ứng với Z = 6, có 6 êlectrôn ở vỏ ngoài, hạt nhân có chứa 6 prôtôn và 6 nơtrôn, số khối A = 12. Nguyên tử natri ứng với Z = 11 có 11 êlectrôn hạt nhân chứa 11 prôtôn và 12 nơtrôn, số khối A = 23.

4. Kí hiệu

Một nguyên tử hoặc hạt nhân của nó được kí hiệu bằng cách ghi bên cạnh kí hiệu hóa học của nó nguyên tử số Z (ở phía dưới) và số khối A (ở phía trên). Như vậy các nguyên tử trong thí dụ nêu trên có kí hiệu là ${}_{1}^{1}H$, ${}_{6}^{12}C$, ${}_{11}^{23}Na$. Nhiều khi chỉ cần ghi số khối, như, ${}^{1}H{}^{12}C$, ${}^{13}Na$ hoặc cũng có thể ghi Ca_{12}, Na_{23}.

II - LỰC HẠT NHÂN

Mặc dù hạt nhân nguyên tử được cấu tạo từ các hạt mang điện dương (prôtôn) và các hạt không mang điện (nơtrôn) nhưng nó vẫn bền vững. Điều đó chứng tỏ các nuclôn được liên kết với nhau bởi một loại lực hút có bản chất khác với trọng lực, lực điện và lực từ đã biết trước đây, đồng thời nó phải rất mạnh so với các lực đó. Lực liên kết các nuclôn gọi là *lực hạt nhân*, lực này chỉ mạnh (chỉ có tác dụng) khi khoảng cách giữa hai nuclôn bằng hoặc nhỏ hơn kích thước của hạt nhân, nghĩa là lực hạt nhân có *bán kính tác dụng* khoảng 10^{-13} m.

III - ĐỒNG VỊ

1. Các nguyên tử mà hạt nhân chứa cùng số prôtôn Z, dù có khác nhau về khối lượng số (do số nơtrôn N khác nhau) thì vẫn phải có cùng số êlectrôn Z ở vỏ ngoài, khiến cho chúng có cùng tính chất hóa học. Vì vậy các nguyên tử đó được sắp xếp cùng một vị trí (đồng vị) trong bảng tuần hoàn và được gọi là các đồng vị của nguyên tố có số thứ tự Z.

2. Đồng vị là những nguyên tử mà hạt nhân của chúng có cùng số prôtôn Z (có cùng vị trí trong bảng tuần hoàn) nhưng có số khối A khác nhau (do có số nơtrôn khác nhau)

Ví dụ : Nguyên tố hiđrô có 3 đồng vị : hiđrô thường (${}_{1}^{1}H$), hiđrô nặng hay đơtêri (${}_{1}^{2}H$ hoặc D), hiđrô siêu nặng hay triti ${}_{1}^{3}H$ hoặc T).

Hầu hết các nguyên tố trong tự nhiên đều là hỗn hợp của nhiều đồng vị. Thí dụ nguyên tố các bon có 4 đồng vị với số nơtrôn từ 5 đến 8 (do đó số khối A từ 11 đến 14) trong đó có 2 đồng vị $^{12}_{6}C$ và $^{13}_{6}C$ là bền vững. Đồng vị $^{12}_{6}C$ chiếm 99% của cacbon thiên nhiên.

Người ta phân biệt đồng vị bền và đồng vị phóng xạ (xem bài 17).

IV - ĐƠN VỊ KHỐI LƯỢNG NGUYÊN TỬ

1. Đơn vị khối lượng nguyên tử, kí hiệu là u, bằng 1/12 khối lượng (nguyên tử) của đồng vị phổ biến của nguyên tử cacbon $^{12}_{6}C$, do đó đôi khi còn gọi là *đơn vị cacbon*.

2. Muốn tính u theo đơn vị kilôgam ta lấy khối lượng của 1 mol cacbon (12g) chia cho số nguyên tử N_A chứa trong 1 mol đó (số Avôgađrô N_A) rồi chia tiếp làm 12 phần. Biết $N_A = 6{,}02.10^{23}$/mol và 12g = 0,012kg, ta được

$$u = \frac{\frac{0{,}012}{N_A}}{12} = \frac{0{,}001}{6{,}02 \cdot 10^{23}}\,kg \approx 1{,}66055.10^{-27}\,kg$$

Căn cứ vào trị số của u tính theo đơn vị kilôgam, ta tính được khối lượng chính xác của prôtôn và nơtrôn tính theo đơn vị u :

$$m_p = 1{,}67263.10^{-27}\,kg = 1{,}007276u$$

$$m_n = 1{,}67494.10^{-27}\,kg = 1{,}008665u$$

So sánh với khối lượng của êlectrôn $m_e = 9{,}116.10^{-31}$ kg = 0,000549u ta thấy khối lượng của nguyên tử chủ yếu tập trung ở hạt nhân. Vật chất hạt nhân có khối lượng riêng cực kì lớn, cỡ tới hàng trăm triệu tấn trên cm^3.

3. Ta cũng có thể tính u theo đơn vị MeV/c^2

Thực vậy ta biết 1eV (êlectrôn - vôn) = $1{,}6022.10^{-19}$J, do đó 1 MeV = 10^6eV = $1{,}6022.10^{-13}$J. Vì vậy

$$1\,\frac{MeV}{c^2} = \frac{1,6022 \cdot 10^{-13}\,J}{(2,99792 \cdot 10^8\,m/s)^2} = 1,7827 \cdot 10^{-30}\,kg$$

hay, ngược lại $1kg = 0,561.10^{30} MeV/c^2$

Từ đó ta có $1u = 1,66055.10^{-27} kg \approx 931 MeV/c^2$

4. Việc tính khối lượng của một nguyên tử theo đơn vị u cho ta biết số nuclôn trong hạt nhân nguyên tử đó.

Thực vậy như trên đã thấy khối lượng của mỗi prôtôn hay mỗi nơtrôn đều xấp xỉ bằng 1u, còn khối lượng của một êlectrôn chỉ vào khoảng u/1800 ; vì vậy khối lượng nguyên tử tính theo đơn vị u cho ta biết trị số gần đúng của số khối A của hạt nhân nguyên tử, nghĩa là cho ta biết số nuclôn trong hạt nhân nguyên tử.

Ngược lại, nếu biết số khối A của một nguyên tử (hay hạt nhân) thì ta biết khối lượng *gần đúng* của nguyên tử (hay hạt nhân) đó là Au.

Bài 17

SỰ PHÓNG XẠ

I - HIỆN TƯỢNG PHÓNG XẠ

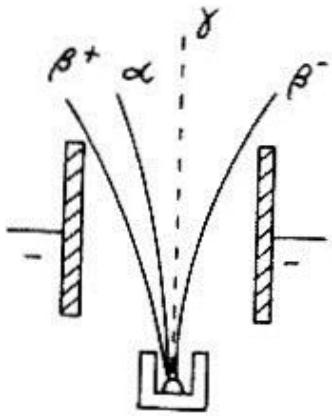
1. Phóng xạ là hiện tượng một hạt nhân nguyên tử tự động phóng ra những bức xạ gọi là tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác.

Tia phóng xạ không nhìn thấy được nhưng có thể phát hiện được chúng do chúng có khả năng làm iôn hóa môi trường làm đen kính ảnh, gây ra các phản ứng hóa học, bị lệch trong điện trường, từ trường.

2. Đặc điểm của hiện tượng phóng xạ là quá trình phóng xạ của một hạt nhân hoàn toàn do các nguyên nhân bên trong hạt nhân đó gây ra và hoàn toàn không phụ thuộc vào các tác động bên ngoài. Dù nguyên tử phóng xạ chịu áp suất hay nhiệt độ khác nhau thì nó cũng không bị một chút ảnh hưởng nào mà cứ phân rã, tức là phóng ra tia phóng xạ và biến đổi thành chất khác theo đúng một định luật gọi là định luật phóng xạ. Hơn nữa các tia phóng xạ đều có năng lượng, nên sự phóng xạ tỏa ra năng lượng, một phần năng lượng này biến thành nhiệt làm nóng bình đựng chất phóng xạ.

II - BẢN CHẤT VÀ TÍNH CHẤT CỦA CÁC LOẠI TIA PHÓNG XẠ

1. Cho các tia phóng xạ đi qua điện trường ở giữa hai bản của một tụ điện (H. 9.1) ta có thể xác định được bản chất của các tia phóng xạ mà các chất phóng xạ khác nhau phóng ra. Người ta có thể phân biệt được ba loại tia phóng xạ sau đây :



Hình 9.1

a) Tia anpha, kí hiệu là α. Đó là bức xạ bị lệch về phía bản âm của tụ điện ; nó được phóng ra từ chất phóng xạ urani (Z = 92, là chất phóng xạ đầu tiên do nhà bác học Pháp Beccơren phát hiện ra). Các tia anpha chính là các hạt nhân của nguyên tử hêli ^4_2He, mang điện tích dương +2e, được gọi là các hạt anpha. Hạt α phóng ra từ hạt nhân có vận tốc khoảng 10^7m/s và chỉ đi được tối đa 8cm trong không khí rồi dừng lại do mất năng lượng vì làm iôn hóa môi trường. Tia α có khả năng đâm xuyên yếu (không xuyên qua được tấm thủy tinh mỏng).

b) Tia bêta, có hai loại : Loại phổ biến thường gặp gồm các hạt bêta trừ, kí hiệu β^- : đó chính là các êlectrôn, vì vậy tia β^- bị lệch về phía bản dương của tụ điện (H. 9.1) (và bị lệch nhiều hơn so

với tia α, vì khối lượng của êlectrôn nhỏ hơn nhiều so với khối lượng hạt α).

Một loại tia bêta khác hiếm hơn gồm các hạt bêta cộng, kí hiệu β^+, còn gọi là êlectrôn dương hay pôzitrôn (vì nó có cùng khối lượng như êlectrôn, nhưng mang điện tích +e, do đó tia β^+ bị lệch về bản âm của tụ điện (H. 9.1).

Các hạt β được phóng ra với vận tốc rất lớn, gần bằng vận tốc ánh sáng, có thể làm iôn hóa môi trường nhưng yếu hơn so với tia α, do đó chúng có thể bay xa tới hàng trăm mét trong không khí. Tia β có khả năng đâm xuyên mạnh hơn tia α.

c) Tia gamma, kí hiệu γ, là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới 0,01 nm), cũng là chùm hạt prôtôn có năng lượng cao, không bị lệch trong điện trường, có khả năng đâm xuyên lớn (tia γ có thể đi qua lớp chì dày hàng đêximet và là nguy hiểm cho con người).

2. Một chất phóng xạ chỉ phóng ra một trong ba loại tia α, β^- hay β^+ (có thể có tia γ kèm theo). Hình 9.2 chỉ là hình ảnh tổng hợp để dễ so sánh các quỹ đạo của các hạt.

III - ĐỊNH LUẬT PHÓNG XẠ

a) *Định luật phóng xạ*

Sự phóng xạ của một chất hoàn toàn do nguyên nhân bên trong chi phối và tuân theo định luật sau đây gọi là *định luật phóng xạ*, phát biểu như sau : *Mỗi chất phóng xạ được đặc trưng bởi một thời gian T, gọi là chu kì bán rã ; cứ sau mỗi chu kì này thì 1/2 số nguyên tử của chất ấy đã biến đổi thành chất khác.*

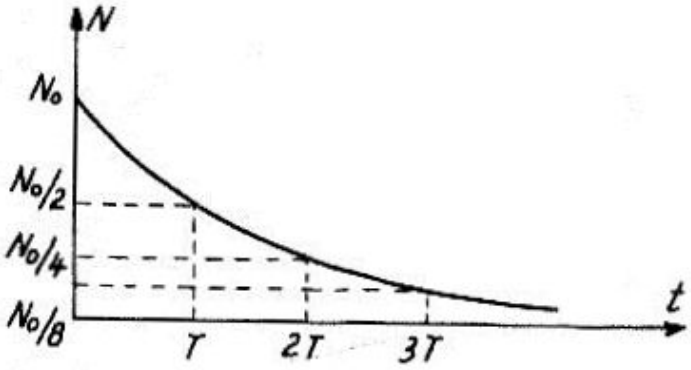
Vì vậy số nguyên tử N hoặc khối lượng m của chất phóng xạ sẽ giảm đi theo quy luật hàm mũ của thời gian (H. 9.2)

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

$$m = m_o e^{-\lambda t}$$

trong đó N_o và m_o là số nguyên tử và khối lượng ban đầu của khối chất phóng xạ. Hệ số λ được gọi là *hằng số phóng xạ* liên quan với chu kì bán ra T, theo công thức

$$\lambda = \frac{Ln2}{T} = \frac{0,693}{T}$$



Hình 9.2

(Thực vậy, khi $t = T$ thì $m = \frac{m_o}{2}$, suy ra $\frac{m_o}{2} = m_o e^{-\lambda T}$, từ đó ta thu được $Ln2 = \lambda T$)

Các chất phóng xạ khác nhau có chu kì bán rã khác nhau chẳng hạn urani có $T = 4,5.10^9$ năm (nghĩa là nó phân rã rất chậm, nhờ vậy mà hiện nay nó vẫn còn tồn tại trên Trái Đất), trong khi đó chất phóng xạ Radi C lại có $T = 10^{-6}$s !

b) *Độ phóng xạ*

Độ phóng xạ H của một lượng chất phóng xạ là đại lượng đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của nó, được đo bằng số phân rã trong 1 giây, có đơn vị đo là becơren (kí hiệu Bq). 1 Bq là 1 phân rã trong 1 giây. Người ta còn dùng đơn vị khác là curi, kí hiệu Ci : 1 Ci = $3,7.10^{10}$ Bq (xấp xỉ bằng độ phóng xạ của 1 gam radi).

Độ phóng xạ H(t) cũng giảm theo thời gian theo quy luật hàm mũ $H(t) = H_o e^{-\lambda t}$ với $H_o = \lambda N_o$ là độ phóng xạ ban đầu

(Thật vậy ta có $H(t) = \frac{-dN(t)}{dt} = \lambda N_o e^{-\lambda t} = \lambda N(t)$

Độ phóng xạ bằng số nguyên tử nhân với hằng số phóng xạ.

VI - ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ VÀ ĐỒNG VỊ BỀN

1. Ta biết rằng hầu hết các nguyên tố trong tự nhiên đều là hỗn hợp của nhiều đồng vị. Người ta phân biệt hai loại đồng vị : đồng vị phóng xạ và đồng vị bền.

a) *Đồng vị phóng xạ*

Đồng vị phóng xạ là đồng vị mà hạt nhân của nó tự động phóng ra những tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân nguyên tử của nguyên tố khác. Ví dụ : hạt nhân của đồng vị $^{238}_{92}U$ phóng ra tia α và biến đổi thành hạt nhân $^{90}_{234}Th$. Hạt nhân của đồng vị $^{14}_{6}C$ phóng ra tia β^- và biến đổi thành hạt nhân $^{14}_{7}N$. Hạt nhân của đồng vị $^{11}_{6}C$ phóng ra tia β^+ và biến đổi thành hạt nhân $^{11}_{5}B$. Hạt nhân của đồng vị $^{60}_{27}Co$ phóng ra tia β^- và tia γ và biến đổi thành hạt nhân $^{60}_{28}Ni$.

b) *Đồng vị bền*

Đồng vị bền là đồng vị mà hạt nhân của nó không có một *biến đổi tự phát* nào trong suốt quá trình tồn tại.

2. Ứng dụng của các đồng vị phóng xạ

Các đồng vị phóng xạ (tự nhiên hoặc nhân tạo) có rất nhiều ứng dụng trong khoa học và đời sống, chẳng hạn :

a) Tia γ phóng ra từ chất côban $^{60}_{27}Co$ có khả năng đâm xuyên lớn nên được dùng để :

- Tìm khuyết tật trong chi tiết máy ;
- Diệt các vi khuẩn để bảo quản nông sản, thực phẩm :
- Chữa bệnh ung thư...

b) Nhờ phát ra tia β^- chất $^{32}_{15}P$ được dùng làm nguyên tố phóng xạ đánh dấu trong nông nghiệp (theo dõi sự di chuyển chất lân trong một cái cây bằng cách pha thêm một ít lân phóng xạ P 32 vào phân lân thường. Đó là phương pháp các nguyên tử đánh dấu).

c) Đồng vị cácbon 14 $^{6}_{14}C$ phóng xạ β^- được ứng dụng để xác định tuổi của các di vật gốc sinh vật. Đó là *phương pháp dùng cacbon 14*

3. Ý nghĩa của định luật phóng xạ trong ứng dụng các đồng vị phóng xạ.

Định luật phóng xạ là cơ sở của phương pháp xác định tuổi của các di vật cổ dựa vào chu kì bán rã của cacbon C14.

Thực vậy, C_{14} là chất phóng xạ β^-, nó được tạo ra trong khí quyển và xâm nhập vào mọi vật trên Trái Đất. Nó có chu kì bán rã là 5600 năm, sự phân rã này cân bằng với sự tạo ra nên từ hàng vạn năm nay mật độ của C_{14} trong khí quyển không đổi : cứ trong 10^{12} nguyên tử cacbon thì có một nguyên tử C_{14}. Ở thực vật còn sống, do quá trình lục diệp hóa, tỉ lệ trên giữ không đổi. Nhưng ở thực vật chết thì C_{14} vẫn tiếp tục phân rã mà không được bù lại nên tỉ lệ đó ngày càng giảm đi : cứ sau 5600 năm thì chỉ còn một nửa, độ phóng xạ H của nó cũng giảm đi tương ứng. Do đó nếu đo được độ phóng xạ này ta sẽ tính được thời gian đã trôi qua từ khi cây chết dựa vào công thức rút ra từ định luật phóng xạ $H = H_o e^{-\lambda t} = H_o e^{-0,693\frac{t}{T}}$ (hay $N = N_o e^{-0,693\frac{t}{T}}$)

Biết T, H, H_o hoặc T, N, N_o sẽ tính được t một cách chính xác. Thí dụ ở một đĩa gỗ cổ của người Ai Cập người ta đo được H = 0,15Bq ; trong khi đó mẩu gỗ của cây mới chặt có H_o = 0,25Bq. Áp dụng công thức trên suy ra t = 4100 năm đó là tuổi của các đĩa cổ đó.

Vì động vật ăn thực vật nên tỉ lệ C14/C trong cơ thể của nó cũng giảm như trên sau khi chết. Vì vậy có thể xác định tuổi của các mẫu xương động vật tìm được trong các di chỉ bằng phương pháp trên.

Bài 18

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

I - PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

a) Phản ứng hạt nhân là tương tác giữa hai hạt nhân dẫn đến sự biến đổi của chúng thành các hạt khác.

Thí dụ : Hai hạt nhân A và B tương tác với nhau và biến thành các hạt nhân C và D. Phương trình của phản ứng này được viết như sau

$$A + B \rightarrow C + D$$

Nói chung số các hạt nhân trước và sau phản ứng có thể nhiều hoặc ít hơn hai. Các hạt ở vế trái hoặc vế phải của phương trình phản ứng có thể chỉ là các hạt sơ cấp, như êlectrôn (kí hiệu e^- hay ${}^{0}_{-1}e^-$), pôzitrôn (kí hiệu e^+ hay ${}^{0}_{+1}e^+$), prôtôn (kí hiệu p hay ${}^{1}_{1}H$), nơtrôn (kí hiệu n hay ${}^{1}_{0}n$), phôtôn (kí hiệu γ)...

b) Sự phóng xạ là trường hợp riêng của phản ứng hạt nhân vì khi đó diễn ra sự biến đổi hạt nhân nguyên tử của nguyên tố này thành hạt nhân nguyên tử của nguyên tố khác. So với phản ứng hạt nhân đầy đủ nó chỉ khác ở chỗ vế trái của phản ứng hạt nhân bây giờ chỉ có một hạt nhân A gọi là hạt nhân mẹ.

$$A \rightarrow B + C$$

Nếu B là hạt nhân mới thì nó được gọi là hạt nhân con, còn C là hạt α hoặc β.

II - CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

1. Đối với các phản ứng hạt nhân các định luật bảo toàn sau đây đã được kiểm nghiệm là hoàn toàn đúng.

a) *Bảo toàn số nuclôn* (số khối A) : Prôtôn có thể biến thành nơtrôn và ngược lại, nhưng các số nuclôn ở vế trái và ở vế phải của phương trình phản ứng hạt nhân bao giờ cũng bằng nhau. Bảo toàn số nuclôn cũng là bảo toàn số khối A.

b) *Bảo toàn điện tích* (hoặc nguyên tử số Z) : Tổng diện tích (tổng nguyên tử số Z) của các hạt ở vế trái và ở vế phải của phương trình phản ứng bao giờ cũng bằng nhau. (Lí do là vì : các hạt nhân trong phản ứng hạt nhân hợp thành một hệ kín, cô lập về điện).

c) *Bảo toàn năng lượng* và *bảo toàn động lượng* của hệ các hạt tham gia vào phản ứng.

Vận dụng hai định luật bảo toàn a và b cho phản ứng hạt nhân

$$^{A_1}_{Z_1}A + ^{A_2}_{Z_2}B \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}C + ^{A_4}_{Z_4}D$$

ta có $A_3 + A_4 = A_1 + A_2$

và $Z_3 + Z_4 = Z_1 + Z_2$

Cần lưu ý rằng không có định luật bảo toàn khối lượng của hệ.

2. Tại sao trong phản ứng hạt nhân không có sự bảo toàn khối lượng (Đề 79)

Trong phản ứng hạt nhân, mặc dù có sự bảo toàn số khối nhưng không có sự bảo toàn khối lượng. Lí do như sau.

a) Mỗi hạt nhân, khi được tạo thành từ các nuclôn, đều có độ hụt khối. Hạt nhân có độ hụt khối càng lớn, tức là năng lượng liên kết càng lớn, thì càng bền vững (trình bày như đoạn II, bài 19).

b) Các quan sát thực nghiệm cho biết độ bền của các hạt nhân khác nhau không giống nhau. Do đó tổng các độ hụt khối của các hạt nhân sau phản ứng có thể *nhỏ hơn* (hoặc *lớn hơn*) tổng của độ hụt khối của các hạt nhân trước phản ứng. Khi ấy tổng khối lượng của các hạt nhân sau phản ứng phải *lớn hơn* (hoặc *nhỏ hơn*) tổng khối lượng các hạt nhân trước phản ứng. Như vậy có nghĩa là trong phản ứng hạt nhân khối lượng không bảo toàn mặc dù số nuclôn vẫn bảo toàn.

III - VẬN DỤNG CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN VÀO SỰ PHÓNG XẠ. CÁC QUY TẮC DỊCH CHUYỂN

Áp dụng các định luật bảo toàn số nuclôn và bảo toàn điện tích vào sự phóng xạ ta có thể suy ra các quy tắc dịch chuyển cho phép ta xác định được hạt nhân con khi biết hạt nhân mẹ chịu sự phóng xạ nào.

a) *Phóng xạ* α

Giả sử hạt nhân mẹ $^{A}_{Z}X$ phóng ra hạt α (tức là hạt $^{4}_{2}He$ và biến đổi thành hạt nhân con, kí hiệu $^{A}_{Z}X$, ta có phương trình

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}Y$$

Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta có A' = A - 4 và Z' = Z - 2. Điều đó có nghĩa là : so với hạt nhân mẹ thì hạt nhân con ở vị trí lùi 2 ô trong bảng tuần hoàn và có số khối nhỏ hơn 4 đơn vị (ta quy ước "lùi" là đi về đầu bảng, "tiến" là đi về cuối bảng). Thí dụ $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$

b) *Phóng xạ* β^-

Lập luận tương tự như trên ta có phương trình

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{-1}e^{-} + {}^{A}_{Z+1}Y$$

Vậy hạt nhân con ở vị trí tiến 1 ô so với hạt nhân mẹ và có cùng số khối. Áp dụng cho sự phóng xạ β^- của bismut theo trên ta có

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{0}_{-1}e^{-} + {}^{210}_{84}Po$$

Thế nhưng khi đó năng lượng lại không bảo toàn (định luật c) ! Vì vậy nhà bác học Paoli đã giả thiết là trong sự phóng xạ β còn có phát ra một hạt nữa, gọi là nơtrinô, kí hiệu là ν, không mang điện, có khối lượng cực kì nhỏ (coi như bằng không), chuyển động với vận tốc của ánh sáng (hạt này hầu như không tương tác với vật chất nên rất khó phát hiện). Thực nghiệm đã xác nhận giả thiết này. Như vậy thực chất của sự phóng xạ β^- là bên trong hạt nhân đã có nơtrôn biến đổi thành một phôtôn cộng với một êlectrôn và một nơtrinô : $n \rightarrow p + e^- + \nu$

c) *Phóng xạ* β^+

Tương tự như trên có phương trình

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{1}e + {}^{A}_{Z-1}Y$$

Vậy hạt nhân con ở vị trí lùi 1 ô so với hạt nhân mẹ và có cùng số khối. Cũng giống như trên thực chất của sự phóng xạ β^+

là sự biến đổi của các prôtôn thành nơtrôn cộng với một pôzitrôn và một nơtrinô :

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$

d) *Phóng xạ* γ

Hạt nhân con sinh ra ở trạng thái kích thích và chuyển từ mức năng lượng trên E_2 xuống mức năng lượng E_1, đồng thời phóng ra phôtôn có tần số f xác định bởi hệ thức $E_2 - E_1 = fh$. Vì khoảng cách giữa các mức năng lượng của hạt nhân rất lớn (lớn hơn khoảng cách giữa các mức năng lượng của êlectrôn hàng triệu lần), do đó tần số f rất cao.

Vậy phóng xạ γ là phóng xạ đi kèm theo các phóng xạ α và β. Không có sự biến đổi hạt nhân trong phóng xạ γ.

IV - ÁP DỤNG CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỂ VIẾT CÁC PHẢN ỨNG XẢY RA KHI BẮN PHÁ HẠT NHÂN ${}^{27}_{13}$AL BẰNG HẠT α

- Ngoài các phản ứng hạt nhân xảy ra trong thiên nhiên (mà người ta gọi là phản ứng hạt nhân tự nhiên), con người có thể gây ra những phản ứng hạt nhân gọi là phản ứng hạt nhân nhân tạo, bằng cách dùng những hạt nhẹ (gọi là đạn) bắn phá những hạt nhân khác (gọi là bia).

- Phản ứng hạt nhân xét ở đây là phản ứng hạt nhân nhân tạo do hai ông bà Giôliô-Quyri thực hiện năm 1934 khi dùng hạt α bắn phá một lá nhôm :

$${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$$

Điều đặc sắc là hạt nhân phôtpho ${}^{30}_{15}\text{P}$ sinh ra không bền vững, nó phóng xạ β^+ để trở thành silic :

$${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_1\text{e}^+$$

Đây là phản ứng phóng xạ tự nhiên tiếp theo phản ứng hạt nhân nhân tạo. Nguyên tử ${}^{30}_{15}\text{P}$ gọi là phóng xạ nhân tạo.

Bài 19

ĐỘ HỤT KHỐI - NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN

I - HỆ THỨC ANHXTANH GIỮA NĂNG LƯỢNG VÀ KHỐI LƯỢNG

a) Ngoài các dạng năng lượng thông thường như động năng, thế năng... thuyết tương đối của Anhxtanh đã nêu giả thuyết về một dạng năng lượng quan trọng, liên quan mật thiết với khối lượng của vật, gọi là *năng lượng nghỉ*.

Nếu vật có khối lượng m thì năng lượng nghỉ E của nó tỉ lệ với m :

$$E = mc^2 \qquad (1)$$

(c là vận tốc ánh sáng trong chân không)

Đó là hệ thức Anhxtanh. Theo hệ thức này thì 1 gam của bất kì chất gì cũng chứa một lượng năng lượng "tiềm ẩn" rất lớn bằng 25 triệu kWh.

b) Theo thuyết tương đối, năng lượng nghỉ có thể biến đổi thành năng lượng thông thường như động năng và ngược lại. Khi năng lượng nghỉ của vật tăng hoặc giảm thì khối lượng của cả hệ cũng tăng hay giảm theo đúng tỉ lệ trong hệ thức (1). Vì vậy khối lượng không được bảo toàn.

c) Do đó, tuy rằng trong vật lí học cổ điển đối với một hệ kín (cô lập) thì khối lượng và năng lượng của nó được bảo toàn, nhưng theo thuyết tương đối thì khối lượng và do đó, cả năng lượng nghỉ, không nhất thiết được bảo toàn. Như vậy là đối với hệ kín *chỉ có năng lượng toàn phần, bao gồm cả năng lượng thông thường và năng lượng nghỉ mới được bảo toàn.*

d) Từ hệ thức Anhxtanh (1) ta suy ra $m = \frac{E}{c^2}$. Vì vậy mà trong vật lí hạt nhân khối lượng của các hạt không chỉ đo bằng kg mà còn đo bằng đơn vị năng lượng chia cho c^2, cụ thể là eV/c^2 hoặc MeV/c^2 :

$$1\text{MeV/c}^2 = \frac{1{,}6022 \cdot 10^{-13}\,\text{J}}{(2{,}99792 \cdot 10^8)^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 1{,}7827 \cdot 10^{-30}\ \text{kg}$$

Ngược lại 1 kg = $0{,}561.10^{30}$ MeV/c^2

Thí dụ : khối lượng của êlectrôn là $m_e = 9{,}1095.10^{-31}$ kg =

$= 0{,}511$ MeV/c^2.

II - ĐỘ HỤT KHỐI VÀ NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT

a) Khi một hạt nhân được tạo thành từ các nuclôn riêng rẽ (chưa liên kết với nhau) thì thực nghiệm chứng tỏ rằng khối lượng của hạt nhân đó nhỏ hơn tổng khối lượng của các nuclôn.

Độ hụt khối là độ giảm khối lượng m của một hạt nhân so với khối lượng m_o của các nuclôn riêng rẽ tạo nên hạt nhân đó, kí hiệu là Δm : $\Delta m = m_o - m$

b) Giả sử một hạt nhân được tạo thành từ Z prôtôn và N nơtrôn riêng rẽ (lúc đầu chưa liên kết với nhau và đứng yên), ta có $m_o = Zm_p + Nm_n$. Khi lực hạt nhân liên kết của nuclôn với nhau thành hạt nhân, hạt nhân có khối lượng $m < m_o$.

Theo thuyết tương đối của hệ nuclôn ban đầu có năng lượng $E_o = m_o c^2$, hạt nhân tạo thành có năng lượng $E = mc^2 < E_o$. Vì năng lượng toàn phần được bảo toàn nên phải có một năng lượng $\Delta E = E_o - E = (m_o - m)\, c^2$ tỏa ra ; năng lượng ΔE này được tỏa ra dưới dạng động năng của hạt nhân hoặc năng lượng tia γ.

c) Sự hụt khối khi tạo thành hạt nhân (dẫn đến tỏa năng lượng) là hoàn toàn tự nhiên, bởi vì, ngược lại, muốn phá vỡ một hạt nhân có khối lượng m thành các nuclôn riêng rẽ có tổng khối lượng $m_o > m$ thì ta lại phải tốn một năng lượng $\Delta E = (m_o - m)\, c^2$ đúng bằng thế để thắng lực hạt nhân (liên kết các nuclôn với nhau). ΔE càng lớn thì các nuclôn càng liên kết mạnh, càng tốn

nhiều năng lượng để phá liên kết. Vì vậy $\Delta E = \Delta m.c^2$ được gọi là *năng lượng liên kết* hạt nhân. $\frac{\Delta E}{A}$ gọi là năng lượng liên kết riêng.

Vậy hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn, thì càng bền vững.

III - PHẢN ỨNG HẠT NHÂN TỎA NĂNG LƯỢNG VÀ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN THU NĂNG LƯỢNG

a) Sự hụt khối của từng hạt nhân kéo theo sự không bảo toàn khối lượng trong phản ứng hạt nhân.

Xét phản ứng hạt nhân $A + B \rightarrow C + D$

và giả thiết các hạt nhân A và B đứng yên. Trong phản ứng hạt nhân đó tổng số nuclôn không đổi, nhưng vì các hạt nhân A, B, C, D có các độ hụt khối khác nhau nên tổng khối lượng M_o của các hạt nhân A và B có thể khác tổng khối lượng M_o của các hạt nhân A và B có thể khác tổng khối lượng M của các hạt nhân được sinh ra B và C.

b) Giả sử $M < M_o$: Ban đầu hệ các hạt nhân có năng lượng nghỉ $E_o = M_oc^2$, sau phản ứng nó có năng lượng nghỉ $E = Mc^2$, vì năng lượng toàn phần được bảo toàn nên phản ứng phải tỏa một lượng năng lượng $\Delta E = (M_o - M)c^2$ dưới dạng động năng của các hạt C và D, hoặc phôton γ. Sở dĩ M có thể bé hơn M_o là do các hạt nhân sinh ra có độ hụt khối lớn hơn các hạt nhân ban đầu, nghĩa là chúng bền vững hơn.

Vậy *một phản ứng hạt nhân sẽ tỏa năng lượng nếu như các hạt sinh ra có tổng khối lượng bé hơn các hạt ban đầu khiến chúng bền vững hơn.*

c) Trái lại nếu $M > M_o$ thì $E > E_o$, khi đó phản ứng không tự nó xảy ra được mà phải cung cấp cho các hạt nhân ban đầu A và B một lượng năng lượng W, dưới dạng động năng của A chẳng hạn (bắn A vào B). W phải lớn hơn $\Delta E = E - E_o$, bởi vì thông thường các hạt sinh ra C và B có động năng W_d, nghĩa là phải có $W = \Delta E + W_d$.

Vậy *một phản ứng hạt nhân thu năng lượng, nếu như các hạt nhân sinh ra có tổng khối lượng lớn hơn các hạt ban đầu (kém bền vững hơn).*

d) Nghiên cứu năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân, người ta thấy có thể có hai loại phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng, năng lượng này được gọi là *năng lượng hạt nhân*. Đó là

- Sự phân hạch : một hạt nhân rất nặng như urani, plutôni hấp thu một nơtrôn và vỡ thành hai hạt nhân có số khối trung bình ;

- Phản ứng nhiệt hạch : hai hạt nhân rất nhẹ như hiđrô, hêli... kết hợp với nhau thành một hạt nhân nặng hơn.

Bài 20

SỰ PHÂN HẠCH. PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

I - SỰ PHÂN HẠCH. NHÀ MÁY ĐIỆN NGUYÊN TỬ

1. Sự phân hạch

a) Sự phân hạch là hiện tượng một hạt nhân (loại rất nặng) hấp thụ một nơtrôn rồi vỡ thành hai hạt nhân trung bình.

Nơtrôn chậm có động năng nhỏ (vào cỡ động năng trung bình của chuyển động nhiệt, dưới 0,1 eV) dễ bị hấp thụ hơn nơtrôn nhanh. Trong các đồng vị có thể phân hạch khi hấp thụ nơtrôn chậm, đáng chú ý nhất là đồng vị tự nhiên urani 235 và đồng vị nhân tạo plutôni 239. Urani thiên nhiên là hỗn hợp của ba đồng vị U_{234}, U_{235} và U_{238} ; U_{235} chỉ chiếm tỉ lệ 0,72%, phần lớn là U_{238} (99,27%).

b) Để cho cụ thể xét sự phân hạch của urani 235. Phản ứng phân hạch của urani 235 là :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{A'}_{Z'}X' + k\,^{1}_{0}n + 200\ MeV$$

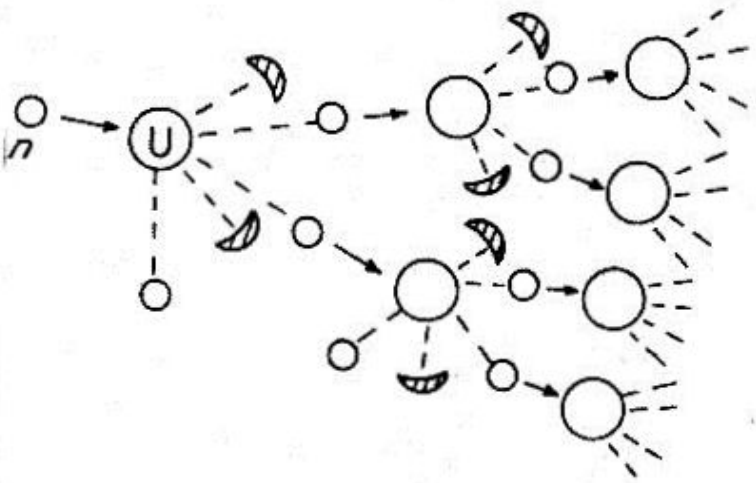
trong đó $Z + Z' = 92$; $A + A' + k = 236$. X và X' là các hạt nhân trung bình có số khối từ 80 đến 160.

c) Phản ứng phân hạch nói trên có *hai đặc điểm rất quan trọng* : phản ứng sinh ra k = 2 hoặc 3 (trung bình 2,5) nơtrôn.

- Phản ứng tỏa ra một năng lượng lớn, khoảng 200 MeV, dưới dạng động năng của các hạt. Sở dĩ có năng lượng tỏa ra khi phân hạch là vì : tổng khối lượng của các hạt được tạo thành nhỏ hơn tổng khối lượng hạt nhân urani 235 và hạt nơtrôn mà nó hấp thụ : $m = m_x + m_{x'} + (k - 1)m < m_U$, từ đó ΔE (200 MeV) $= (m_U + m_n)c^2 - (m_x + m_{x'} + km_n)c^2$.

2. Phản ứng dây chuyền và điều kiện xảy ra

a) Một phần số nơtrôn sinh ra trong phản ứng phân hạch nói trên bị mất mát vì nhiều nguyên nhân khác nhau (như do thoát ra ngoài khối urani, do bị hấp thụ bởi các hạt nhân khác...) ; nhưng nếu sau mỗi phản ứng phân hạch vẫn còn lại trung bình s nơtrôn mà $s \geq 1$ thì s nơtrôn này lại tới đập vào các hạt nhân urani 235 khác và lại gây ra s phân hạch, lại sinh ra s^2 nơtrôn, rồi s^3, s^4... nơtrôn. Số phân hạch (và số hạt nhân urani 235 bị phân hạch) tăng rất nhanh trong một thời gian rất ngắn. Khi đó ta có *phản ứng hạt nhân dây chuyền*, và s được gọi là *hệ số nhân nơtrôn*. Trên hình 9.3 minh họa trường hợp s = 2. Tuy mỗi phân hạch chỉ tỏa ra một năng lượng rất nhỏ 200 MeV = $3{,}2.10^{-11}$J, nhưng 1g urani 235 có chứa tới $2{,}5.10^{21}$ hạt nhân, nên khi phân hạch 1g urani 235 sẽ cho ta một năng lượng rất lớn, bằng 8.10^{10}J tương đương 22000 kWh. Năng lượng phân hạch này được gọi không chính xác là năng lượng nguyên tử.



Hình 9.3

b) Với s > 1 thì hệ thống gọi là *vượt hạn* : khi đó ta không khống chế được phản ứng dây chuyền, năng lượng tỏa ra có sức

tàn phá dữ dội. Trường hợp này đã được sử dụng để chế tạo bom nguyên tử.

Nếu s = 1 thì hệ thống được gọi là *tới hạn* : khi đó phản ứng dây chuyền tiếp diễn, nhưng không tăng vọt, năng lượng tỏa ra không đổi và có thể kiểm soát được. Đó là chế độ hoạt động của các lò phản ứng hạt nhân trong các nhà máy điện nguyên tử.

Còn nếu s < 1 thì hệ thống gọi là dưới hạn, khi đó phản ứng dây chuyền không xảy ra.

c) Số nơtrôn bị mất do thoát ra ngoài khối urani so với số nơtrôn được sinh ra trong phản ứng phân hạch càng nhỏ nếu khối lượng urani càng lớn. Vì vậy *muốn cho s ≥ 1 nghĩa là muốn cho phản ứng dây chuyền có thể xảy ra khối lượng của urani phải đạt tới một giá trị tối thiểu gọi là khối lượng tới hạn* m_h . Với urani 235, $m_h \approx 50$ kg.

d) Ngoài urani 235 đồng vị urani 238 cũng là nhiên liệu hạt nhân, vì khi hấp thụ một nơtrôn nó biến đổi thành Pu là 239 là chất phân hạch

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{239}_{92}\mathrm{U} \xrightarrow{\beta} ^{239}_{93}\mathrm{Np} \xrightarrow{\beta} ^{239}_{94}\mathrm{Pu}$$

Việc tách riêng urani 235 rất công phu, tốn kém nên các lò phản ứng hạt nhân thường dùng urani thiên nhiên đã làm giàu tức là qua chế biến đã tăng tỉ lệ urani 235 lên vài, hoặc vài chục phần trăm.

3. So sánh hiện tượng phân hạch và hiện tượng phóng xạ

a) Những điểm giống nhau

- Cả hai hiện tượng đều dẫn đến sự biến đổi một hạt nhân ban đầu thành các hạt nhân khác, nghĩa là đều là các phản ứng hạt nhân.

- Cả hai hiện tượng đều là các quá trình kèm theo sự tỏa năng lượng dưới dạng động năng của các hạt sinh ra và năng lượng bức xạ γ.

b) Khác nhau

- Hiện tượng phóng xạ là hiện tượng tự phát không chịu tác động của các yếu tố bên ngoài, tốc độ phân rã của mỗi chất phóng xạ hoàn toàn do nguyên nhân bên trong hạt nhân quyết định và được đặc trưng bởi chu kì bán rã T (có trị số xác định đối với mỗi

chất phóng xạ). Còn trong hiện tượng phân hạch thì phân hạch tự phát cực kì hiếm (chu kì bán rã cỡ 10^{20} năm). Phân hạch mà ta xét là phản ứng *phải có kích thích*, chỉ xảy ra nếu U_{235} chẳng hạn hấp thụ nơtrôn. Vì bản thân sự phân hạch lại phát ra nơtrôn nên trong những điều kiện nhất định có thể xảy ra phản ứng dây chuyền. Trong thiên nhiên vẫn có phân hạch lẻ tẻ nhưng không có phản ứng dây chuyền vì không có đủ các điều kiện. Hơn nữa, tốc độ của phản ứng dây chuyền phụ thuộc vào nhiều yếu tố mà một yếu tố quan trọng là khối lượng tới hạn của urani (con người đã điều khiển được tốc độ này trong nhà máy điện nguyên tử).

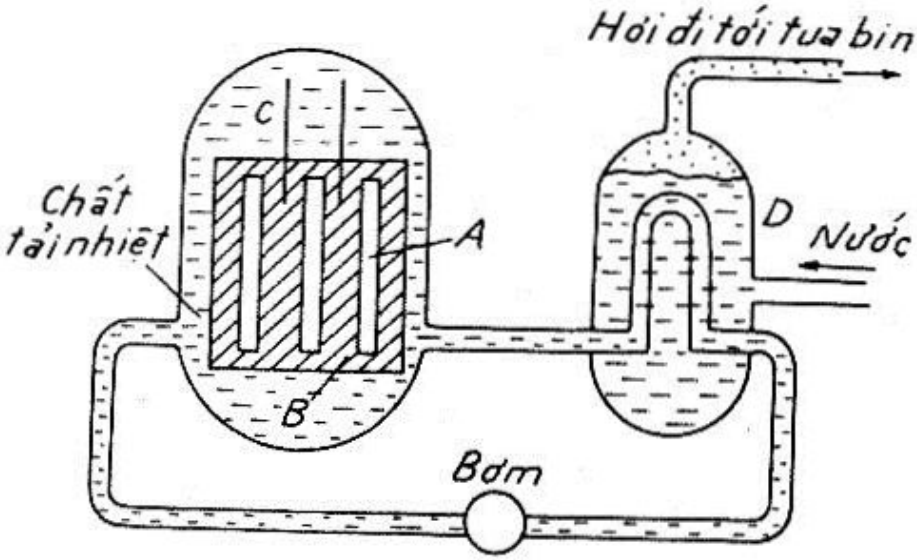
Còn trong hiện tượng phân hạch thì tốc độ của quá trình phân hạch, như sự phân hạch của urani 235 chẳng hạn, lại phụ thuộc vào lượng nơtrôn chậm có trong khối chất urani, vì vậy người ta có thể khống chế được tốc độ này.

– Trong hiện tượng phóng xạ, đối với mỗi chất phóng xạ thành phần của tia phóng xạ (và cấu tạo của hạt nhân con) là hoàn toàn xác định.

Còn trong hiện tượng phân hạch, cấu tạo và khối lượng của hai mảnh vỡ ra từ hạt nhân urani 235 lại không giống nhau, mà có thể xảy ra theo hàng trăm cách khác nhau. Các mảnh là các hạt nhân có số khối từ 80 đến 160.

4. Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của nhà máy điện nguyên tử

a) Bộ phận chính của nhà máy điện nguyên tử là lò phản ứng hạt nhân, ở đó phản



Hình 9.4

ứng dây chuyền phân hạch dây chuyền được khống chế ở mức tới hạn (Hình 9.4).

Nhiên liệu của nhà máy là các thanh A làm bằng hợp kim chứa urani đã làm giàu, được đặt trong *chất làm chậm* B (như nước nặng D_2O, than chì, bêrili) chất làm chậm có tác dụng làm giảm vận tốc của các nơtrôn nhanh (do va chạm) phát ra trong quá trình phân hạch để nơtrôn nhanh trở thành nơtrôn chậm, dễ bị urani hấp thụ. Trong lò phản ứng còn có các thanh điều chỉnh C (làm bằng những chất hấp thụ nơtrôn mà không phân hạch, như Bo, Cadimi) : khi hạ thấp các thanh này thì hệ số nhân nơtrôn s giảm, nâng lên cao thì s tăng.

b) Khi lò hoạt động thì các thanh điều chỉnh được tự động giữ ở độ cao sao cho s = 1. Phản ứng phân hạch xảy ra bên trong lò tỏa ra năng lượng dưới dạng động năng của các mảnh hạt nhân và các hạt khác, động năng này chuyển thành nhiệt năng của lò (khi các hạt va chạm với các nguyên tử và phân tử của khối chất). Nhiệt này được mang đi bằng *chất tải nhiệt*, thường là một chất lỏng chảy qua lò và sau khi nóng lên thì cung cấp nhiệt cho *lò sinh hơi D*. Hơi nước làm chạy tua bin phát điện giống như trong nhà máy nhiệt điện thông thường.

c) Tuy giống nhà máy nhiệt điện ở khâu sử dụng nhiệt thu được, nhưng nhà máy điện nguyên tử có thiết kế khác nhiều để đảm bảo an toàn cho con người và để ngăn không cho lò phản ứng trở thành vượt hạn. Nếu kĩ thuật an toàn được đảm bảo tốt thì nhà máy điện nguyên tử rất tiện lợi vì có kích thước nhỏ, tiêu tốn rất ít nhiên liệu.

II - PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

a) Phản ứng nhiệt hạch là phản ứng kết hợp hai hạt nhân rất nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn.

Thí dụ $${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 3{,}25\ MeV$$

$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17{,}6\ MeV$$

Phản ứng nhiệt hạch là phản ứng tỏa năng lượng. Tuy một phản ứng kết hợp tỏa năng lượng ít hơn một phản ứng phân hạch, nhưng nếu tính theo khối lượng nhiên liệu thì phản ứng nhiệt hạch tỏa năng lượng nhiều hơn.

b) Điều kiện xảy ra phản ứng nhiệt hạch

Các phản ứng kết hợp rất khó xảy ra vì các hạt nhân tích điện dương và đẩy nhau. Muốn các hạt nhân có thể tiến đến gần nhau đến mức mà lực hạt nhân tác dụng và kết hợp chúng lại thì chúng phải có động năng rất lớn để thắng được lực đẩy Culông. Muốn cho hạt nhân có động năng lớn phải có nhiệt độ rất cao. Phép tính chứng tỏ rằng nếu nâng nhiệt độ của hiđrô lên tới khoảng 50 – 100 triệu độ thì các hạt nhân có thể kết hợp với nhau.

Vậy điều kiện xảy ra phản ứng nhiệt hạch là phải có nhiệt độ rất cao (hàng chục, hằng trăm triệu độ).

Chính vì phản ứng kết hợp chỉ xảy ra ở nhiệt độ cao nên người ta gọi nó là phản ứng nhiệt hạch.

c) Trong thiên nhiên có tồn tại những phản ứng nhiệt hạch, chẳng hạn nguồn gốc năng lượng mặt trời và các ngôi sao là do các phản ứng nhiệt hạch, vì trong lòng Mặt Trời có nhiệt độ rất cao cho phép các phản ứng ấy xảy ra. Ví dụ chuỗi phản ứng gọi là chu trình cacbon – nitơ mà phương trình có dạng tổng hợp như sau :

$$4\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{0}_{1}\mathrm{e}^{+} + 26{,}8\ \mathrm{MeV}.$$

Nhờ đó công suất bức xạ của Mặt Trời lên tới $3{,}8.10^{26}$ W.

d) Trên Trái Đất con người cũng đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không kiểm soát được, đó là sự nổ của bom khinh khí hay bom H. (Bom này chứa một hỗn hợp đơtêri và triti và một quả bom nguyên tử để làm kíp ; mới đầu bom nguyên tử nổ, sinh ra nhiệt độ hàng trăm triệu độ, tiếp đó phản ứng nhiệt hạch xảy ra).

e) Một mục tiêu quan trọng nhất của vật lí học hiện nay là tìm cách thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng kiểm soát

được để nó tỏa ra năng lượng hạn chế có thể sử dụng vào các mục đích hòa bình.

Sở dĩ con người quan tâm đến năng lượng tỏa ra từ phản ứng nhiệt hạch (năng lượng nhiệt hạch) là vì :

– Đó là nguồn năng lượng hầu như vô tận cho con người, bởi vì nhiên liệu của phản ứng là đơtêri, triti có rất nhiều trên Trái Đất (trong nước sông, biển).

– Về mặt sinh thái thì phản ứng nhiệt hạch "sạch" hơn phản ứng phân hạch, vì ít có bức xạ hoặc cặn bã phóng xạ làm ô nhiễm môi trường.

MỤC LỤC

Trang

SỰ PHẢN XẠ VÀ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

Bài 1. Sự truyền ánh sáng. Sự phản xạ ánh sáng. Gương phẳng 3
Bài 2. Gương cầu 5
Bài 3. Sự khúc xạ ánh sáng. Hiện tượng phản xạ toàn phần 16
Bài 4. Lăng kính 22
Bài 5. Thấu kính mỏng 25

MẮT VÀ CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

Bài 6. Máy ảnh. Mắt 39
Bài 7. Các dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt 45

TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

Bài 8. Sự tán sắc ánh sáng 54
Bài 9. Sự giao thoa ánh sáng 57
Bài 10. Quang phổ 61
Bài 11. Các loại tia 67

LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

Bài 12. Hiện tượng quang điện và các định luật quang điện 74
Bài 13. Thuyết lượng tử ánh sáng 79
Bài 14. Ứng dụng thuyết lượng tử ánh sáng 81
Bài 15. Mẫu nguyên tử Bo 87

VẬT LÍ HẠT NHÂN

Bài 16. Hạt nhân nguyên tử 92
Bài 17. Sự phóng xạ 95
Bài 18. Phản ứng hạt nhân 100
Bài 19. Độ hụt khối. Năng lượng hạt nhân 105
Bài 20. Sự phân hạch. Phản ứng nhiệt hạch 108

115

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc NGUYỄN VĂN THỎA

Tổng biên tập NGUYỄN THIỆN GIÁP

Biên tập và sửa bản in: BAN BIÊN TẬP KHTN
PHAN TUẤN KHANH

Trình bày bìa: TẠ TRỌNG TRÍ

ÔN LÍ THUYẾT THI ĐẠI HỌC MÔN VẬT LÍ, TẬP 2

Mã số : 01.47.ĐH2001 - 659.2001

In 2000 bản, tại Nhà máy in Quân đội. Số in: 1259.

Số xuất bản : 4/659/CXB. Số trích ngang 128 KH/XB.

In xong và nộp lưu chiểu Quý II năm 2001.